



# **Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Medicina**

**Escuela Académico Profesional de Tecnología Médica**

## **Recuperación de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior, en un plazo de tres meses - Centro Médico Naval "Cirujano Mayor Santiago Távara"**

### **TESIS**

**Para optar el Título Profesional de Licenciada en Tecnología  
Médica en el área de Terapia Física y Rehabilitación**

### **AUTOR**

**Elena del Pilar HUAMANÍ CARRASCO**

### **ASESOR**

**Olga Jenny CORNEJO JURADO**

**Lima, Perú**

**2016**



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Huamaní E. Recuperación de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior, en un plazo de tres meses - Centro Médico Naval "Cirujano Mayor Santiago Távara" [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina, Escuela Académico Profesional de Tecnología Médica; 2016.

---

1419



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)  
**FACULTAD DE MEDICINA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE TECNOLOGÍA MÉDICA**

*"Año de la Consolidación del Mar de Grau"*



*Revisado por: [Firma]*

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Conforme a lo estipulado en el Art. 45.2 y, Art. 100.13 de la Ley 30220. El Jurado de Sustentación de Tesis nombrado por el Director de la Escuela Académico Profesional de Tecnología Médica, conformado por los siguientes docentes:

Presidente: Mg. José Manuel Yampufé Cornetero  
Miembros: Lic. Cirilo Carrasco Hurtado  
Lic. Washington Guillermo Otoya Torres

102

Se reunieron en la ciudad de Lima, el día 18 de octubre de 2016, procediendo a evaluar la Sustentación de Tesis, titulado **"RECUPERACIÓN DE LA FUERZA MUSCULAR DEL CUADRICEPS EN PACIENTES POST OPERADOS DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR, EN UN PLAZO DE TRES MESES – CENTRO MÉDICO NAVAL "CIRUJANO MAYOR SANTIAGO TÁVARA"**, para optar el Título Profesional de Licenciada en Tecnología Médica en el Área de Terapia Física y Rehabilitación de la Bachiller:

### *Elena Del Pilar Huamani Carrasco*

Habiendo obtenido el calificativo de:

16  
(en números)

DECISEIS  
(en letras)

Que corresponde a la mención de: .....

Quedando conforme con lo antes expuesto, se disponen a firmar la presente Acta.

[Firma]  
Presidente  
Mg. José Manuel Yampufé Cornetero

[Firma]  
Miembro  
Lic. Cirilo Carrasco Hurtado

[Firma]  
Miembro  
Lic. Washington Guillermo Otoya Torres



[Firma]  
Asesor (a) de Tesis  
Lic. Jenny Olga Cornejo Jurado

## **DEDICATORIA**

A mi esposo y a mi hijo por ser  
mi motivación para continuar y  
seguir hacia adelante cada día.

A mis padres por su apoyo  
incondicional

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas e instituciones que han colaborado, directa o indirectamente, en la realización de esta tesis

A mi asesora, la Lic. Olga Jenny Cornejo Jurado, por la confianza que ha depositado en mí, por el tiempo y por el esfuerzo dedicado para que este trabajo saliese adelante.

A los Licenciados Carlos Lucar Roncal y Pedro Olivera Cárdenas por las facilidades que me dieron en cuanto a tiempo y espacios durante la toma de datos, así como también por el aporte de sus conocimientos en la rehabilitación del paciente post operado del ligamento cruzado anterior.

Al personal militar del Centro Médico Naval Cirujano Mayor Santiago Távara, en especial al Capitán de Navío Humberto Callirgos y al Técnico segundo Ricardo Ayala, por permitirme el acceso al este nosocomio y de esta manera poder realizar este estudio



# INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	8
<b>INTRODUCCION</b> .....	10
<b>CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	11
1.2 Planteamiento del problema .....	12
1.3 Formulación de objetivos .....	12
1.4 Justificación de la investigación.....	13
<b>CAPITULO II : MARCO CONCEPTUAL</b>	
2.1 Antecedentes de la investigación.....	14
2.2 Base teórica	
1. Ligamento cruzado Anterior.....	18
1.1 Histología.....	18
1.2 Anatomía.....	18
2. Biomecánica.....	23
2.1 Dirección del LCA.....	23
2.2 Biomecánica del LCA.....	24
2.3 Mecanismo de lesión.....	24
2.4 Biomecánica de la rodilla sin LCA.....	26
3. Reconstrucción del LCA.....	26
3.1 Procedimiento quirúrgico.....	27
3.1.1 Elección del injerto.....	27
3.1.1.1 Aloinjerto.....	27
3.1.1.2 Autoinjerto.....	28
3.1.2 Fijación del injerto.....	29
3.1.3 Integración del injerto.....	29
4. Grupo muscular del cuádriceps.....	30
4.1 Anatomía.....	30
4.2 Biomecánica.....	32
4.3 Histología.....	33
4.4 Composición química.....	36
5. Fuerza muscular .....	36
5.1 Bases bioquímicas de la contracción muscular.....	36
5.2 Propiedades biomecánicas del músculo.....	37



5.3 Estructura de la fuerza.....	40
5.3.1 Fuerza máxima.....	40
5.3.2 Fuerza resistencia.....	41
5.3.3 Fuerza rápida .....	41
5.4 Déficit de fuerza.....	42
5.5 Protocolo de fortalecimiento muscular.....	43
2.3. Definición de términos básicos.....	51
2.4 Formulación de la hipótesis	
2.4.1 Hipótesis general.....	53
2.4.2 Hipótesis específicas.....	53
 <b>CAPÍTULO III : METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
3.1 Tipo y diseño de la investigación.....	54
3.2 Sujetos de investigación.....	54
3.2.1 Área de estudio.....	54
3.2.2 Población.....	54
3.2.3 Muestra.....	54
3.2.4 Criterio de Selección	
a) Criterios de inclusión.....	54
b) Criterios de exclusión.....	55
3.3 Variables de estudio	
3.3.1 Variable independiente.....	55
3.3.2 Variable dependiente.....	55
3.4 Operacionalización de las variables.....	55
3.5 Instrumento de medición.....	57
3.6 Procedimiento de recolección de datos.....	57
3.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	58
3.8 Consideraciones éticas.....	59
 4. Análisis estadístico .....	 60
4.1 Presentación y análisis de datos .....	60
4.2 Discusión de los resultados .....	84
 <b>CONCLUSIONES</b> .....	 88
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	90
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	91
<b>ANEXOS</b> .....	97



## RESUMEN

**Objetivos:** Determinar la recuperación de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de Ligamento cruzado anterior, en un lapso de tres meses. Determinar la variación del trofismo muscular del muslo en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior, en un plazo de tres meses.

**Material y Métodos:** El presente estudio es Analítico, Observacional y de tipo Longitudinal . Se realizó en 20 pacientes, entre los 20 y 50 años de edad, con diagnóstico médico de post operado de ligamento cruzado anterior, que se encuentran en el programa de Medicina Física y Rehabilitación del Centro Médico Naval Cirujano Mayor Santiago Távara. La fuerza muscular se evaluó en dos momentos, la primera evaluación se realizó al finalizar la etapa inflamatoria (tercera semana post quirúrgica) y la segunda, tres meses después. El instrumento que se utiliza para la medida de la fuerza, es el test de fuerza máxima o también llamado test de resistencia máxima(1RM), cuyo índice de confiabilidad oscila entre 0.92 a 0.98. La estimación del valor de 1RM fue por medio de la ecuación de Brzycki y para la categorización de la fuerza muscular, se utilizó la escala de Vivian Heyward.

**Resultados:** Los pacientes post operados de ligamento cruzado anterior muestran un 37,5% de incremento en la fuerza muscular del cuádriceps después de tres meses de haber iniciado el programa de rehabilitación física. Al iniciar el tratamiento fisioterapéutico el 80% los pacientes presentan una fuerza muscular que los ubica dentro de una categoría mala; tres meses después de iniciado el tratamiento fisioterapéutico, el 95% de los pacientes se ubican dentro de la categoría buena.

## ABSTRACT

**Objectives:** To determine the percentage recovery of quadriceps muscle strength in patients undergoing post anterior cruciate ligament , within three months.

**Material and Methods :** This study is analytical, Longitudinal Observational and type. It was performed in 20 patients, between 20 and 50 years of age with medical diagnosis of post anterior cruciate ligament surgery, found in the program of Physical Medicine and Rehabilitation Medical Center Naval Surgeon Mayor Santiago Távara. Muscle strength was assessed in two stages, the first evaluation was conducted at the end of the inflammatory stage (third week post surgical) and the second, three months later. The instrument used to measure the strength, is the maximum force test also called maximum resistance test (1RM) whose reliability index ranges from 0.92 to 0.98. The estimate of the value of 1RM was through the equation Brzycki and categorization of muscle strength, the scale of Vivian Heyward was used

**Results:** The patients undergoing post ACL show a 37.5 % increase in quadriceps muscle strength after three months of starting the physical rehabilitation program . When you start the physical therapy 80 % of patients have a muscular force that falls into a bad category ; three months later, 95 % of patients are placed in the right category .

## INTRODUCCIÓN

Una de las lesiones más frecuentes de la extremidad inferior, es la ruptura del ligamento cruzado anterior. Esta ruptura se puede producir por movimientos conjugados como valgo con rotación externa tibial y semiflexión de rodilla, o por una hiperextensión de rodilla.

La reconstrucción del ligamento se realiza a través de diversas técnicas quirúrgicas entre las cuales se destacan la llamada Hueso-tendón patelar- hueso(HTH) y la reconstrucción con tendones flexores del semitendinoso y recto interno (ST-RI). Después de la cirugía, el periodo de inmovilización de la extremidad trae consigo una disminución del trofismo y una disminución de la fuerza muscular del cuádriceps. ( Olivera Cárdenas, 2014)

La rehabilitación tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior juega un papel muy importante en la recuperación de la fuerza muscular (Aguado LLorente, 2013). Es por esta razón que en el Centro Médico Naval se utiliza un protocolo fisioterapéutico para acelerar el proceso de recuperación de fuerza muscular en un plazo aproximado de 6 meses, para que de esta manera, el personal militar pueda retornar a sus respectivas divisiones y desempeñar su función de manera óptima. Los primeros tres meses del tratamiento fisioterapéutico marcan el éxito de la recuperación de la fuerza muscular , ya que si en este periodo no se ha realizado el procedimiento correcto, es muy probable que el paciente presente complicaciones, trayendo como consecuencia una prolongación del tiempo de rehabilitación y por ende, un retraso al retorno de su trabajo.

Estudios previos han demostrado que con la fisioterapia existe una recuperación de la fuerza muscular en los pacientes post operados de ligamento cruzado anterior, pero mediante la observación y utilizando el test de fuerza máxima como instrumento de medición, este estudio pretende demostrar de forma cuantitativa qué tanto han recuperado la fuerza muscular del cuádriceps en un periodo de tres meses. La fuerza máxima es la fuerza que se invierte en contraposición a una resistencia insuperable y para Thomas Einsingbach, un paciente puede realizar sus actividades de la vida diaria, con una fuerza no mayor al 30% de la fuerza máxima; es por esta razón que este estudio se interesa en determinar si en un plazo de tres meses, el paciente es capaz de recuperar ese porcentaje de fuerza.

# **CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

La Marina de Guerra del Perú es una entidad castrense que tiene la misión de ejercer la vigilancia y protección de los intereses nacionales en el ámbito marítimo, fluvial y lacustre, y apoyar la política exterior del Estado a través del Poder Naval; es por ello que los miembros que conforman las fuerzas operativas de Superficie, Submarinos, Aviación Naval e Infantería de Marina, tienen que estar físicamente preparados para cualquier suceso en el que sean requeridos.

Producto de la actividad física que realizan los miembros de estas divisiones, el 25% de las lesiones de la rodilla que llegan al Centro Médico Naval son del ligamento cruzado anterior, razón por la cual ingresan a tratamiento quirúrgico para la reparación de dicho ligamento mediante las técnicas Hueso- Tendón- Hueso (HTH) o Semitendinoso- Recto interno (ST-RI). Después de la recuperación post cirugía, los pacientes son derivados al servicio de Medicina Física y Rehabilitación. Existe evidencia de que los pacientes post operados de ligamento cruzado anterior recuperan la fuerza en un plazo medio de seis meses<sup>1</sup>, por esta razón, el Centro Médico Naval tiene un protocolo de tratamiento fisioterapéutico, que permitirá que estos pacientes recuperen la fuerza muscular y se reintegren a laborar en sus unidades aproximadamente en este plazo.

Es de gran importancia que el paciente se recupere en este periodo ya que si la rehabilitación se prolonga más de 6 meses, los pacientes tendrían que esperar 1 año más para poder ascender al siguiente rango. El ascenso al siguiente rango trae consigo muchas ventajas, pero la principal es el incremento en la remuneración, es por ello que la problemática de no recuperarse en el periodo establecido, afectaría al paciente en su economía.

Investigaciones previas a este estudio <sup>1,7,10</sup> demuestran la efectividad del tratamiento fisioterapéutico en la rehabilitación de pacientes post operados de ligamento cruzado anterior, pero hasta el momento no se ha demostrado cuantitativamente la eficiencia de este procedimiento; lo cual representa un problema en la objetiva evaluación de la fuerza muscular en este grupo de pacientes.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Existe debilidad del musculo cuádriceps en los pacientes post operados de ligamento cruzado anterior <sup>14</sup>, por esta razón es importante que el paciente recupere la fuerza muscular para que así pueda realizar sus actividades con total normalidad.

Estudios previos han demostrado que existe recuperación de la fuerza muscular del paciente post operado de Ligamento cruzado anterior <sup>1</sup>, así como también han demostrado que el tratamiento fisioterapéutico es efectivo en este proceso<sup>7, 10</sup>; pero hasta el momento no hay un estudio que haya demostrado cuantitativamente, qué tanto de fuerza muscular ha recuperado el paciente durante el tratamiento fisioterapéutico es ello que la presente investigación pretende determinar el valor del porcentaje de recuperación de la fuerza muscular; razón por la cual se plantea la siguiente pregunta.

¿Existe recuperación de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de Ligamento cruzado anterior en un plazo de tres meses?

## **1.3 FORMULACIÓN DE OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la recuperación de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de Ligamento cruzado anterior, en un plazo de tres meses

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la recuperación de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de Ligamento cruzado anterior con implante de autoinjerto, en un plazo de tres meses
- Determinar la recuperación de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de Ligamento cruzado anterior con implante de aloinjerto, en un plazo de tres meses
- Determinar la variación del trofismo muscular del muslo en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior

## **1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Tras la cirugía reconstructiva de ligamento cruzado anterior, el musculo cuádriceps pierde fuerza muscular <sup>14</sup>; por esta razón, la fisioterapia cumple un rol importante en la recuperación del paciente. El tiempo promedio para que el paciente recupere la fuerza muscular a nivel pre lesional es de 6 meses <sup>6</sup>, pero los tres primeros meses del abordaje fisioterapéutico son cruciales ya que en este tiempo ocurre la integración del injerto <sup>1</sup>; es por ello que este estudio realiza el seguimiento a los pacientes durante tres meses.

Investigaciones previas han demostrado que la fisioterapia es efectiva en la recuperación de la fuerza muscular <sup>1,7,10</sup> de pacientes post operados de ligamento cruzado anterior. La relevancia de este estudio no es sólo reafirmar lo evidenciado por los estudios anteriores, sino también, demostrar de una forma cuantitativa la recuperación de la fuerza muscular del cuádriceps en un lapso de tres meses.



## **CAPITULO II MARCO CONCEPTUAL**

### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

1.- En el artículo "Rehabilitación del paciente con lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla" <sup>6</sup> (2008) de Ramos Álvarez se realiza una revisión de los artículos más relevantes publicados en los últimos años en relación a la rehabilitación post quirúrgica del LCA. Este estudio concluye en que la incorporación total al deporte se consigue en la mayoría de los casos en un plazo medio de seis meses.

2.-En la investigación de Andrés Esper y Vicente Paús "El Entrenamiento de la Fuerza en la Rehabilitación del Ligamento Cruzado Anterior"<sup>1</sup>( 1999) .Este trabajo tuvo por objetivo mostrar la periodización y la planificación de las cargas al entrenar la fuerza en la rehabilitación del LCA. Dicho protocolo está confeccionado de la misma forma en que se planifica un entrenamiento de fuerza para un deportista sano. Este protocolo fue utilizado con un total de 45 pacientes a quienes se les testeó su fuerza máxima en diferentes ejercicios con sobrecarga antes de la cirugía, durante la rehabilitación, y al finalizar la misma. El resultado fue que los test fueron iguales o superiores a los que presentaban antes de la operación.

3.-La tesis titulada " La fuerza explosiva y la rehabilitación kinesica del ligamento cruzado anterior" <sup>2</sup> (2004) de Gerardo Bejarano y Leonardo Bitschin, tuvo como objetivo analizar la fuerza explosiva unipodal y bipodal de los deportistas al finalizar el proceso de rehabilitación post quirúrgica de ligamento cruzado anterior. Este estudio utilizó el test de Bosco para medir el desarrollo de la fuerza explosiva del salto. Los resultados de este estudio nos muestra que existe un déficit importante de fuerza explosiva tanto en forma unipodal como bipodal. Esto demuestra que la fuerza explosiva en la preparación física es insuficiente, o en dicha preparación no se hace un trabajo diferenciado entre los deportistas que han sufrido una lesión de los que no la han padecido.

4.- Sebastián Felipe Farias y Javier Marina del Rio, en el año 2005 realizaron un tesis que lleva por título "Comparación funcional entre injertos Hueso- Tendón Patelar- Hueso y Tendón Semitendinoso-Gracilis en la reconstrucción del Ligamento Cruzado Anterior de Rodilla"<sup>3</sup>. Este estudio tuvo como objetivo comparar la efectividad de la funcionalidad entre la reconstrucción de LCA de rodilla mediante injertos con HTH y STG, en pacientes entre 6, 9, 12 meses de operados. Este estudio fue de tipo no experimental, descriptivo y

transversal y para realizar la recolección de datos utilizaron cuatro instrumentos : Formulario para la evaluación subjetiva de rodilla, La escala de Lysholm de Rodilla, la escala Tegner de Nivel de Actividad y la Escala Análogo Visual para la evaluación del dolor. El estudio concluye en que en el grupo de pacientes de 9 meses de evolución, las personas operadas con la técnica STG logran una mayor funcionalidad que las operadas con la técnica HTH.

**5.-** En la investigación titulada "Variación de los niveles de fuerza en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior de André Esper" <sup>4</sup> (2002), el objetivo fue establecer si existe pérdida de la fuerza en los músculos cuádriceps e isquiotibiales en el miembro afectado con respecto al miembro contralateral. El test que se utilizó fue el Test de fuerza máxima, en máquinas isotónicas. El estudio concluye en que, en la mayoría de los caso, los isquiotibiales tienen la misma fuerza en ambos miembros; a diferencia del cuádriceps, en donde se evidenciaban más modificaciones.

**6.-** En el año 2005, la tesis titulada " Retardo electromiográfico en la musculatura flexora de rodilla en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior"<sup>5</sup> de los investigadores Natalia Gonzales y Daniel Letelier, el objetivo fue medir el retardo electromiográfico de los músculos flexores de rodilla, bíceps femoral y semitendinoso, mediante la electromiografía de superficie. El test utilizado en este estudio fue el test no perimétrico de Wilconxon, concluyendo que no existen diferencias estadísticamente significativas en los valores de retardo electromiográfico medido por electromiografía en rodilla operada y no operada de los pacientes con reconstrucción de ligamento cruzado anterior con post operatorio de 3 a 6 meses y de 7 a 10 meses; y en pacientes operados de ligamento cruzado anterior y en el grupo control.

**7.-**En la investigación "Rehabilitación tras reconstrucción del LCA con plastia H-T-H" , Realizada en el año 2009 por A. Sánchez y C. Fernández , tuvo como objetivo realizar una revisión de la literatura analizando los diferentes aspectos que influyen en el resultado final de todo el proceso de rehabilitación. Esta investigación menciona que en fases iniciales el fortalecimiento muscular se realizará mediante la electroestimulación, para luego iniciar con el fortalecimiento en cadena cinética cerrada y luego de 6 semanas, en cadena cinética abierta. El estudio menciona que es fundamental la valoración y monitorización mediante los test funcionales, las escalas de valoración funcional y los test instrumentados

isocinéticos. El estudio concluye en que el cumplimiento de las premisas anteriormente mencionadas permitirá el retorno a la práctica deportiva al mismo nivel prelesional.

**8.-** David Figueroa y Patricio Melean en el Artículo "Evaluación isocinética post reconstrucción de ligamento cruzado anterior"<sup>8</sup> tuvieron como objetivo principal observar las diferencias en la evaluación isocinética después de la reconstrucción de ligamento cruzado anterior con las técnicas HTH y STG. Evaluaron a 95 pacientes de los cuales 27 fueron operados con la técnica HTH y 68 con la técnica STG y utilizaron el test isocinético. El estudio concluye que existe una mayor pérdida de fuerza muscular para la extensión en el grupo operado con la técnica HTH, en comparación con el grupo operado con la técnica STG.

**9.-** En la tesis "Tratamiento fisioterapéutico tras reconstrucción del ligamento cruzado anterior"<sup>9</sup> (2010) de Alba Rivera García tuvo como objetivo principal describir la evolución de los pacientes post operados de lesión de ligamento cruzado anterior tras seguir los protocolos de tratamiento del Hospital Ramón y Cajal, y determinar si podrían ser mejorados para conseguir una recuperación más rápida sin dañar la articulación; tras la finalización de los periodos de tratamiento, el paciente que siguió un protocolo más acelerado obtuvo un mayor éxito en su recuperación. En base a los resultados obtenidos y a la evidencia científica, se concluyó que es necesario modificar los protocolos empleados en el hospital, teniendo siempre en cuenta que debe primar el estado y respuesta de cada paciente frente a las pautas establecidas por dichos protocolos, pero estas son necesarias para asegurar el éxito de la rehabilitación.

**10.-** Mariola Aguado LLorente en su Tesis "Revisión sistemática sobre la efectividad del tratamiento de fisioterapia tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior"<sup>10</sup> (2013), tuvo como objetivo comprobar la eficacia del tratamiento de fisioterapia tras la cirugía de reconstrucción del ligamento cruzado anterior. En este estudio hubo una revisión bibliográfica de 129 estudios, de los cuales 14 cumplían con el criterio de inclusión. La conclusión de la publicación fue que el tratamiento fisioterapéutico tras la cirugía del ligamento cruzado anterior es efectivo. Sin embargo, la investigación sugiere que sería conveniente continuar en esta línea de investigación para poder determinar que procedimientos fisioterápicos son más efectivos.

**11.-** En la tesis "Variación del tratamiento fisioterapéutico previo a la reconstrucción del ligamento cruzado anterior de la rodilla"<sup>11</sup> (2013), de Vanessa Arribas, tuvo como objetivo

principal la valoración de la eficacia e importancia de un programa controlado de fisioterapia y rehabilitación previo a la reconstrucción del LCA. Este estudio concluyó en que es necesario la instauración completa del arco del movimiento de la rodilla; así como la importancia de recuperar la fuerza muscular, que se vio afectada y disminuida por causa de la lesión, antes de la reconstrucción del ligamento.

**12.-** Katherine Salazar Portugal en su tesis "Retorno a la actividad militar luego de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior en personal militar del Ejército de Perú; Hospital Militar Central Crl. Luis Arias Schreiber" <sup>12</sup> (2013), tuvo como objetivo determinar la tasa de retorno a sus actividades, de los pacientes que habían sido operado del ligamento cruzado anterior en el periodo 2009-2011, en dicho hospital. El estudio concluye en que un 45% de los pacientes retornaron a la actividad militar sin restricciones, 35% de los pacientes retornaron con restricciones y 20% quedaron inaptos para la vida militar.

**13.-**La tesis "Estudio de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior"<sup>13</sup> (2014) de Pedro Olivera Cárdenas, el objetivo principal fue establecer la disminución de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes que han sido operados por ruptura del ligamento cruzado anterior. Este estudio se realizó en 20 pacientes del servicio de medicina física y rehabilitación del Centro Médico Naval "Cirujano Mayor Santiago Távara" y se utilizó el test de fuerza máxima para la evaluación de la fuerza muscular del cuádriceps. Este estudio concluye en que los pacientes presentan un 41% de disminución de fuerza muscular del cuádriceps en el miembro operado con respecto al miembro no operado; además, el valor promedio de la fuerza muscular del cuádriceps se encuentra en la categoría de mala aptitud muscular.

## **2.2 BASE TEÓRICA**

### **1. LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR**

#### **1.1 HISTOLOGÍA**

Según Scott (1992) los ligamentos se definen como bandas cortas de tejido conjuntivo fibroso resistente, pero flexible, que conectan los huesos o sujetan estructuras óseas.

En lo que respecta a la histología del ligamento cruzado anterior (LCA), se define como un tejido conectivo denso, orientado de forma regular, que contiene filas paralelas de fibroblastos distribuidas en haces paralelos de fibras colágenas. El componente fundamental en las estructuras de los ligamentos es el colágeno de tipo I, el cual conforma el 70% de su peso .

Una característica del colágeno que forma parte del ligamento cruzado anterior, es su patrón ondulado. Este fenómeno histológicamente es conocido como “ondulación” o “rizo” y se piensa que está en relación con un cierto grado de elasticidad del ligamento, permitiéndole hacer un movimiento de muelle, de tal manera que después de su máxima elongación se recupera fácilmente, permitiendo a los ligamentos someterse a importantes tensiones internas en el transcurso del movimiento normal de la articulación.

El colágeno se agrupa en unas redes entrecruzadas de fibrillas de colágeno no paralelas, que se agrupan en fibras y forman una unidad subfascicular. Estas unidades subfasciculares están rodeadas de una banda de tejido conectivo laxo, conocida como endotendón. La agrupación de 3 a 20 subfascículos forma un fascículo, cuyo diámetro oscila entre 250 micrómetros y que está rodeado por el epitendón. Estos fascículos individuales pueden orientarse en espiral, alrededor del eje mayor del ligamento (por ejemplo: el LCA) o conectar directamente la inserción femoral a la tibia. El conjunto de fascículos o ligamento completo está rodeado por el paratendón, un tejido conjuntivo similar al epitendón, aunque mucho más grueso.

#### **1.2 ANATOMÍA**

El Ligamento cruzado anterior se aloja en la escotadura intercondilea y se inserta en la superficie prespinal de la cara superior de la extremidad proximal de la tibia; luego se orienta hacia arriba, hacia atrás y hacia afuera para insertarse en la porción posterior de la superficie interna del cóndilo femoral externo<sup>14</sup>.

El ligamento cruzado anterior está formado por numerosas fibras que absorben la tensión durante el arco de movimiento de la rodilla. Se ha insistido en que la composición del LCA está formado por dos fascículos funcionalmente diferentes, como ya señalaron los hermanos Weber, en 1895. Desde entonces se ha hablado del fascículo ántero-media y el póstero-lateral. En la Actualidad, A. Kapandji describe un tres hacez<sup>15</sup>

- Haz antero- medial: es el más largo, el primero que se localiza y es el más expuesto a los traumatismos.
- Haz postero-lateral: está oculto por el precedente y es el que resiste en las rupturas parciales.
- Haz intermedio: Presenta una resistencia media ante los traumatismos

Los ligamentos cruzados establecen conexiones tan intimas con la capsula articular que se podría decir que en realidad no son más que engrosamientos de la misma.

### **1.2.1 BIOMETRIA DEL LCA**

Para poder describir la biometría del LCA, debemos mencionar las diferentes mediciones de este ligamento en cuanto a longitud, calibre, superficie de inserción y dirección angular.

#### **LONGITUD**

Debido a la extensión de las inserciones, todas las fibras no poseen la misma longitud<sup>15</sup>, esto quiere decir que no todas las fibras se solicitan al mismo tiempo, por ello es que existe una variación de su elasticidad y su resistencia.

En el LCA, la longitud mínima se ha obtenido con la rodilla en extensión, rotación externa y varo. Mientras que la longitud máxima se ha medido con la rodilla en flexión de 90 grados.

Según el estudio realizado por F. Bonel, la longitud de las fibras de LCA oscilaban entre 18,5 y 33,5 mm, mientras que en el estudio de Odensten y Gillquist<sup>16</sup> la longitud del LCA se encuentra entre los valores 22 y 41mm.

El resultados obtenidos por Christel<sup>17</sup> para la logitud del LCA fueron que las fibras mas anteriores miden 37 mm luego estas van disminuyendo progresivamente hasta los 24 mm , que es la longitud de las fibras más posteriores.

## **CALIBRE**

El grosor y el volumen del ligamento son directamente proporcionales a su resistencia e inversamente proporcionales a sus posibilidades de alargamiento, pudiéndose considerar cada fibra como un pequeño resorte elemental<sup>15</sup>.

Scott en 1992 hizo un estudio en el que midió el diámetro del LCA a tres niveles: proximal, medio y distal concluyendo que el diámetro medio del LCA es:

- En el tercio proximal de 7,9 mm.
- En el tercio medio de 7,7 mm.
- En el tercio distal de 8,3 mm.

Actualmente muchos autores concluyen que la sección transversal del LCA se sitúa entre 28 y 57 mm<sup>2</sup>. Harner y colaboradores<sup>16</sup> midieron las áreas de sección transversal y la forma de los ligamentos cruzados, en cinco puntos distintos, a 0°, 30°, 60° y 90° de flexión. El estudio concluye en que el diámetro mayor del LCA se da en su eje antero-posterior, la forma del diámetro del LCA es más circular que la del LCP y que el área de sección transversal del LCA es ligeramente superior en su porción distal. otra de las observaciones de este estudio es que el ángulo de flexión de la rodilla no afecta sobre el área de sección transversal del ligamento pero si altera su forma.

## **SUPERFICIE DE INSERCIÓN**

En el LCA, la superficie de inserción a nivel del cóndilo femoral externo es de 1,85 cm<sup>2</sup>, y a nivel de la tibia tiene una superficie de 2,25 cm<sup>2</sup>. La inserción tibial más larga (de unos 3 cm. de media) del ligamento se encuentra en el área intercondílea anterior, a unos 15 mm. de la cara anterior de la tibia. Ligeramente lateral y anterior a la espina tibial anterior, su fijación está íntimamente asociada a la del cuerno anterior del menisco medial y a veces coincide con él.

La huella de inserción de las fibras AM ocupa aproximadamente el 52% del área de inserción aunque para otros autores, llega hasta el 67% de la superficie total. Algunos estudios afirman que las áreas de inserción femorales del LCA para las fibras AM y PL son mayores en el hombre que en la mujer.

## **DIRECCIÓN ANGULAR.**

a) Plano frontal: la dirección angular del LCA en la extensión es de 62'6 grados y en la flexión es de 67'5 grados.

b) Plano sagital: la angulación del LCA en la extensión es de 43 grados y en la flexión es igualmente de 43 grados.

### **1.2.2 VASCULARIZACIÓN DEL LCA**

La arteria poplítea da origen a las arterias geniculares o articulares, que se encargan de la irrigación de la rodilla y las estructuras aledañas a esta<sup>19</sup>. Dichas arterias son las siguientes:

1. Arteria articular magna.
2. Arteria geniculada superior: interna y externa.
3. Arteria articular inferior: interna y externa.
4. Arteria genicular media.
5. Arterias tibiales recurrentes: anteriores y posteriores.

La arteria genicular media es la encargada de proporcionar la vascularización al LCA. Dicha arteria nace de la arteria poplítea y se dirige hacia la parte posterior de la cápsula articular, penetrando en la escotadura intercondílea. Los vasos dan ramificaciones que nutren la epífisis femoral distal, los ligamentos cruzados, la membrana sinovial y la cápsula articular.

La rama mayor, que irriga la parte proximal de la tibia, desciende por la superficie posterior del LCA y se bifurca inmediatamente por encima de la espina tibial, sus ramificaciones terminales nutren las superficies articulares de los cóndilos tibiales.

Los vasos que penetran en el ligamento a lo largo de los pliegues sinoviales, también lo hacen a nivel proximal y distal. En el pliegue proximal posterior, las arterias penetran en el ligamento y se ramifican en la sinovial paraligamentosa, en dirección proximal y distal, formando una fina red de vasos dentro de la sinovial paraligamentosa. En el pliegue distal anterior, las pequeñas arterias penetran en el ligamento y se ramifican en dirección proximal. Estos vasos sinoviales se arborizan hasta formar una red de vasos periligamentosos que enfundan la totalidad del ligamento.

Cabe mencionar que existen unas pequeñas ramas que penetran transversalmente en el ligamento, para anastomosarse con la red de vasos endoligamentosos que rodean los haces de fibras colágenas. Las arteriolas, cuyo calibre es de 0'01-0'02 mm., corren dentro del tejido endoligamentoso en dirección ; estas arteriolas se ramifican en capilares transversos de calibre inferior a 0'01 mm., envolviendo los haces de fibras colágenas dentro del tejido ligamentoso.



En la inserción femoral hay unos pocos vasos endostales de calibre capilar, que se comunican con vasos endoligamentosos. La mayoría de estos vasos endostales no entran en el ligamento, terminando en lazos. En la inserción tibial hay vasos paraligamentosos y muy pocos endoligamentosos. Los vasos endostales terminan en lazos y no se comunican con los vasos endoligamentosos.

Las arterias que se encuentran en la parte proximal del LCA son de un calibre mayor que las arterias que se encuentran en la parte media y distal.

### **1.2.3 INERVACIÓN**

Debemos recordar que los mecanorreceptores desempeñan un papel importante en los arcos reflejos de la rodilla, dichos arcos reflejos sirven para protegerla de una deformación más allá de los límites anatómicos permitidos.

Schutte y cols. Encontraron que en el LCA existe una extensa red nerviosa intraligamentosa. Dichas fibras nerviosas penetran, por medio de un axón, desde el tejido conectivo para terminar en varios receptores. Los receptores especializados fueron identificados dentro de la estructura colágena del ligamento, así como en los alrededores del tejido conectivo.

Zimny et al identificaron dos tipos distintos de mecano-receptores en el LCA: terminaciones de Ruffini y corpúsculos de Pacini<sup>20</sup>.

- Terminaciones tipo Ruffini: Es un mecanoreceptor de adaptación lenta, con un umbral de sensibilidad bajo que responde a los cambios de tensión dentro del ligamento
- Corpúsculos de Paccini.- Es el más común de los mecanorreceptores. Dicho receptor es de adaptación rápida y se activa por cualquier movimiento sin tener en cuenta la posición. La frecuencia de su respuesta está en función de la velocidad del movimiento.

Es gracias a estos mecanorreceptores que el LCA humano tiene un sistema que es capaz de responder a la tensión del ligamento. La rodilla es una articulación que se mueve continuamente y la información suministrada por el conjunto de receptores intraligamentosos permite informar al sistema nervioso central de la velocidad, aceleración, dirección del movimiento y la posición dicha articulación.

- Terminaciones nerviosas libres.- Estas terminaciones se encuentran dentro de las fibras de colágeno del LCA. Constituyen un sistema receptor del dolor para los tejidos de la articulación de la rodilla y probablemente, en el ligamento sirven para la misma función. El pequeño número de terminaciones nerviosas libres indica que el ligamento es, relativamente, insensible al dolor.

Hay que resaltar que los mecanorreceptores son responsables de la kinestesia y no del dolor, incluso en presencia de una estimulación excesiva. Es por ello que cuando los pacientes sufren una rotura aislada del LCA, en su mayoría, notan un ruido seco en dicha articulación, además de una notoria inestabilidad pero el dolor es percibido sino hasta que la articulación está distendida por el hemartros.

En cuanto a la localización de los mecanoreceptores anteriormente mencionados, los estudios demuestran que la mayoría de ellos han sido localizados cerca de la inserción tibial del LCA. Los receptores especializados y las terminaciones nerviosas dentro del ligamento constituyen el 1 % del área del LCA. Otros estudios han demostrado que los axones, receptores especializados y las terminaciones nerviosas libres constituyen, aproximadamente el 3% del área del tejido sinovial y subsinovial que rodea al LCA<sup>21</sup>.

## **2 BIOMECÁNICA**

### **2.1. DIRECCIÓN DEL LCA**

En el plano sagital, el LCA es oblicuo hacia arriba y atrás, mientras que el LCP es oblicuo hacia arriba y hacia adelante, lo que les da a ambos ligamentos, una apariencia de estar cruzados en el espacio, uno con respecto al otro.

En el plano frontal, se puede observar que también la dirección del LCA y el LCP están cruzados y esto se debe a que sus inserciones femorales están a 1,7 cm de distancia, lo que trae como consecuencia que el LCA sea oblicuo, hacia arriba y hacia afuera, a diferencia del LCP, cuya dirección es oblicua hacia arriba y hacia adentro.

En el plano horizontal los ligamentos cruzados son paralelos y contactan entre sí en su borde axial<sup>15</sup>

Existe una diferencia de inclinación del LCA, ya que cuando la rodilla se encuentra en extensión, el LCA es mas vertical, y cuando la rodilla se encuentra en flexión, el LCA se horizontaliza un poco.

## 2.2 BIOMECÁNICA DEL LCA

Durante el movimiento de flexo- extensión de la rodilla, El LCA se tensa y actúa como una estructura que limita la hiperextensión de la rodilla y previene el deslizamiento hacia atrás del fémur sobre el platillo tibial; además de ello, el LCA evita la rotación axial excesiva de la tibia sobre el fémur y mantiene la estabilidad en valgo-varo.

Los estudios demuestran que en cualquier posición o movimiento que realice la rodilla, por lo menos alguna porción del LCA se encontrará bajo tensión .

Existe una diferencia en la disposición de las fibras del LCA , cuando la rodilla se encuentra en flexión o en extensión. Los fascículos están dispuestos paralelamente cuando la rodilla se encuentra en extensión . Cuando la rodilla se encuentra en una flexión de  $90^{\circ}$  ,las fibras del fascículo PL se encuentran más relajadas y las AM se encuentran en máxima tensión.

Según el concepto actual, sabemos que el LCA posee tres fascículos, para Amis y Dawkins<sup>22</sup>, durante la extensión articular son las porciones AM y PL las que están en tensión y la parte central del LCA durante la flexión.

## 2.3 MECANISMO DE LESION

Los mecanismos de lesión de los ligamentos están relacionados directamente con las propiedades materiales del ligamento y de sus inserciones; es por ello que cuando se sobrepasan los límites de elongación de un ligamento, se produce un patrón de fallo característico. Los ligamentos poseen una curva de extensión y estiramiento que puede dividirse en cuatro componentes principales que reflejan la respuesta física del ligamento:

- **Región de la punta**, que representa el estiramiento de las ondulaciones rizos del colágeno.
- **Región funcional**, es la porción media casi lineal, representa el tiempo en el que se produce el reclutamiento y la resistencia de las fibras. Esta es la zona de trabajo del ligamento que se produce ante cargas fisiológicas normales
- **Región de fallo precoz**. A medida que aumenta la carga hasta los límites mecánicos del ligamento, puede producirse el fallo microscópico de las fibras de colágeno y de los haces de fibras. Aunque en este punto reproduce la disrupción microscópica del ligamento, éste conserva su aspecto macroscópico normal y sigue siendo capaz de resistir cierta tracción.

- **Región de fallo.** Es la región final de la curva tensión/estiramiento. Esta zona representa el fracaso completo del ligamento, en la que este no es capaz de resistir ninguna tracción.

El tipo de fallo del ligamento parece depender de diversos factores: del eje, de la velocidad de estiramiento, de la edad y nivel de actividad.

Los mecanismos de lesión del LCA más frecuentes son los siguientes:

1. **La fuerza en dirección valgo.**-Esta lesión se da cuando existe una tensión excesiva en valgo con rotación externa; por lo general, esta lesión es producida con frecuencia en deportes de contacto o actividades pesadas <sup>13</sup>
2. **La hiperextensión.**- Es el segundo mecanismo más frecuente de la lesión, provoca el desgarro del LCA con desgarros asociados del menisco en un 30% de pacientes. Si se permite que continúe la hiperextensión hasta el extremo, se pueden asociar lesiones del LCP y de la cápsula posterior.

Cuando el LCA ha sido sometido a los mecanismos de lesión anteriormente mencionados, la ruptura del ligamento es inminente. Existen tres niveles en lo que puede producirse la ruptura de dicho ligamento

- **Ruptura completa a nivel de la inserción femoral.** Cuando se produce a este nivel, el ligamento se desgarra rápidamente en colgajos isquémicos, debido a que recibe su vascularización de la arteria genicular media por su extremidad femoral. Este tipo de ruptura constituye 18% del total de estas lesiones.
- **Ruptura a nivel de la inserción tibial con avulsión ósea.** Puede tratarse de una fractura-arrancamiento de las espinas tibiales, siendo de particular importancia en los niños. Estas roturas son muy poco frecuentes y constituyen solamente un 2% del total.
- **Ruptura a nivel de la parte media del ligamento.** Es el tipo de lesión más frecuente y representa el 80% de las lesiones ocurridas en los deportistas.

La ruptura se produce en su parte media, donde el muñón más largo es el que está unido en la porción anterior de la tibia y el que es más corto, ocupa la porción proximal posterior.

## **2.4 BIOMECÁNICA DE LA RODILLA SIN LCA**

Las consecuencias de la sección del LCA sobre la cinemática articular de la rodilla ha sido también el objetivo de diferentes estudios. Ha quedado demostrado que se producen alteraciones significativas en el plano antero-posterior, mientras que en el plano transversal solo ocurren pequeños cambios.

Cuando hablamos del plano antero posterior, el estudio realizado en cadáveres y publicado por Levy y cols demuestra que cuando se rompe el LCA existe un significativo desplazamiento anterior de la tibia. Este hecho es más marcado a los 90 grados de flexión, aunque resulta significativo a los 80 grados.

Se sabe que el efecto de la fuerza de contracción del m. cuádriceps depende del ángulo de flexión de la rodilla que, por medio del ligamento rotuliano, desplaza la tibia hacia delante en los primeros 70° de flexión; es por ellos que Smidt GL, demostró que cuando hay una ruptura de LCA, existe un mayor desplazamiento anterior de la tibia, que se atribuye a la fuerza muscular que ejerce el cuádriceps en la extensión de la rodilla.

Como se ha mencionado anteriormente, cuando analizamos la ruptura del LCA en el plano transversal, es evidente que existen pequeños cambios significativos de aumento de la rotación interna a los 5, 15 y 90 grados de flexión; pero se demuestran un importante aumento de la rotación externa pasiva los 5 grados de flexión de rodilla.

## **3 RECONSTRUCCIÓN DEL LCA**

La rodilla es una estructura musculo esquelética compleja con capacidad para soportar grandes cargas en todos sus componentes. El ligamento cruzado anterior, junto con otras estructuras, provee la estabilidad dinámica y estática de la rodilla y es el principal estabilizador anterior de la misma, evitando la traslación anterior de la tibia.

El LCA es el ligamento que más frecuentemente se lesiona en la rodilla. Epidemiológicamente, la incidencia de ruptura del LCA es mayor en hombres debido a que estos practican deportes de contacto y actividades de riesgo con mayor frecuencia que las mujeres.

Cuando ha ocurrido la ruptura de este ligamento, es necesario el tratamiento quirúrgico ya que permite un periodo de rehabilitación precoz, progresivo y específico en cada paciente

### **3.1 PROCEDIMIENTO QUIRURGICO**

#### **3.1.1 ELECCIÓN DEL INJERTO**

Actualmente los traumatólogos realizan la reconstrucción del LCA utilizando dos tipos de injertos. El cirujano utiliza un autoinjerto cuando toma un tendón del paciente para reemplazar la falta de ligamento; mientras que en el aloinjerto, utiliza el tejido de un donante.

Los métodos más utilizados para reconstruir LCA se han denominado hueso-tendón-hueso (HTH), y los músculos isquiotibiales y semitendinoso junto con recto interno (IT, ST-RI).

Por lo anteriormente mencionado los injertos se pueden diferenciar hoy en día en 2 grandes grupos, los autoinjertos y los aloinjertos.

##### **3.1.1.1 ALOINJERTO**

Los aloinjertos son implantes de tejido pertenecientes a un donante para reemplazar la falta del ligamento cruzado anterior. Para que este implante pueda ser utilizado, debe haber sido previamente crioconservado a unos  $-70^{\circ}\text{C}$  aproximadamente ya que esta técnica de conservación permitirá que el implante mantenga sus características.

Existe una gran variedad de tejidos que pueden ser utilizados como aloinjertos para reemplazar al LCA, entre ellos encontramos al tendón de Aquiles, tendones isquiotibiales y la fascia lata<sup>26</sup>.

La utilización del aloinjerto tiene la ventaja que de ser menos traumático, requiere menor tiempo quirúrgico y existe un menor dolor postoperatorio en comparación de los pacientes con implante biológico de autoinjerto. Las desventajas que presenta son el mayor costo, la posibilidad transmisión enfermedades, las reacciones inmunológicas por parte del paciente y la integración más lenta de tejido.

##### **3.1.1.2 AUTOINJERTO**

El autoinjerto o injerto autólogo, es un implante donde se utiliza el propio tejido del paciente afectado para reemplazar la falta de LCA. Los injertos que más se utilizan son el tendón patelar, mediante la técnica de HTH, y el tendón del semitendinoso con o sin recto interno, mediante la técnica de ST-RI.

## **A) AUTOINJERTO DE TENDÓN PATELAR**

El implante de tendón rotuliano mediante la técnica de HTH, es una de las mas estudiadas debido a su popularidad en los 80 y los 90 y es el patrón con los que deben compararse los demás materiales de injerto <sup>27</sup>.

El injerto del tendón patelar mide aproximadamente unos 10 mm de ancho y nos 27 mm de longitud. Otros autores, como Sanchis A., afirman que la longitud puede ser entre 25 a 30 mm.

En cuanto a su resistencia, hay estudios que afirman que un injerto de 10mm de ancho puede tener una resistencia de 120% con respecto al LCA normal; conservando un 80% de su resistencia a los 6 meses <sup>25</sup>.

Si hablamos desde el punto de vista biomecánico, utilizar el autoinjerto patelar tiene ventajas funcionales como la de no alterar la fuerza de la musculatura isquiotibial, mejor resistencia rotacional y no alterar la propiocepción; además de ello existe evidencia que muestra que el injerto rotuliano, mediante la técnica HTH , presenta un menor índice de ruptura, mayor resistencia a deportes de contacto, retorno deportivo precoz y menor índice de falla.

Generalmente los inconvenientes que se presentan al utilizar este implante son el dolor patelofemoral y la debilidad del musculo cuádriceps. Otra complicación que se presentan en mayor frecuencia es la tendinitis patelar.

## **B) AUTOINJERTO DE TENDÓN SEMITENDINOSO- RECTO INTERNO.**

El autoinjerto del semitendinoso- recto interno, es otro injerto de amplia difusión y que en los últimos años ha tenido un mayor número de adeptos y esto se debe a que es de más fácil obtención, porque es de una técnica quirúrgica más simple.

Las ventajas que presenta utilizar este injerto es que el postoperatorio es menos doloroso y la reincorporación laboral es más rápida. Algunos estudios afirman que una de las principales ventajas es la preservación del mecanismo extensor; de esta manera, se minimiza el riesgo de fractura rotuliana, ruptura del tendón rotuliano, tendinitis rotuliana y contractura en flexión <sup>28</sup>.

Dentro de las desventajas que se han atribuido a este injerto podemos mencionar la menor resistencia en comparación con el injerto rotuliano. Otra de las desventajas de este tipo de injerto es la menor resistencia en la fijación, la integración más lenta y la mayor elongación; lo que guarda relación con el método de fijación de la mayoría de los de tejidos blandos

### **3.1.2. FIJACIÓN DEL INJERTO**

Desde el punto de vista biomecánico, la fijación del injerto es el eslabón más débil en la reconstrucción durante las primeras semanas, hasta que se obtenga la correcta cicatrización e integración del injerto en el interior del túnel óseo.

Si el injerto queda “muy suelto”, no desaparecerá la laxitud articular anormal antero-posterior. Si por el contrario la tensión es mayor que la del ligamento original, se producirá destrucción del propio injerto, pobre vascularización, degeneración mixoide; por lo tanto las propiedades mecánicas serán inadecuadas, trayendo como consecuencia la subluxación posterior de la tibia y extensión incompleta de la articulación.

Algunos estudios afirman que la fijación del tendón rotuliano mediante la técnica HTH es más segura que la fijación de isquiotibiales<sup>29</sup> con la técnica SMT-RI.

### **3.1.3. INTEGRACIÓN DEL INJERTO**

Para hablar de la integración de un injerto hay que hablar de dos zonas bien diferenciadas: la zona intraarticular, donde se produce la ligamentación, y la zona extrarticular que se corresponde con la integración en los túneles. La ligamentación es el proceso de adaptación funcional que tiene lugar en un injerto tendinoso, para convertirse en el ligamento al que sustituye<sup>30</sup>.

Como casi todos los tejidos, los ligamentos y tendones responden frente a una lesión con un proceso de inflamación y reparación; es por ello que para hablar de la reparación tisular del ligamento cruzado anterior hay que hacer una descripción de las fases por las que este atraviesa, desde el momento de la lesión hasta la reparación del tejido post cirugía. La fase inflamatoria es aquella respuesta vascular inicial que se produce de forma inmediata y continúa durante 2 o 3 días. Se caracteriza porque tras un periodo inicial de vasoconstricción aparece una dilatación de los vasos alrededor del área lesionada. En poco tiempo se produce la liberación de neutrófilos polimórficos, leucocitos y linfocitos con la liberación de componentes intravasculares no celulares que inician la inducción en cascada de fibrina, complementos y quinina. El aumento de la permeabilidad también libera a las plaquetas. A las 24 horas de la lesión ya se encuentran gran cantidad de monocitos, ellos son los encargados de eliminar detritus celulares y colágeno lesionado.

Simultáneamente a este proceso se van formando nuevos vasos sanguíneos y hacia el final de la primera fase se observan los primeros fibroblastos procedentes de los tejidos circundantes (paratenon, epitendon y endotenon).



La segunda fase es conocida como la fase proliferativa y comienza 4 o 5 días después de la cirugía. Esta fase se caracteriza porque el número de fibroblastos va aumentando progresivamente. Las síntesis de colágeno extracelular y mucopolisacáridos, en un ligamento lesionado, alcanzan su pico hacia el día 21 después de cirugía y esto se debe a que la fibronectina aumenta la unión de las fibras de colágeno entre sí y con las fibras musculares.

En esta fase, el injerto pierde resistencia mientras se reorganiza estructuralmente. Hay estudios que afirman que las propiedades mecánicas caen considerablemente entre la semana 6 y 8 después de la implantación de injerto, aunque luego se produce un aumento de la resistencia. Las sollicitaciones mecánicas en una plastia afectan al proceso de remodelación de esta manera si existe ausencia de estímulos mecánicos, el colágeno neoformado se deposita de forma aleatoria. Por el contrario, cuando comienza la actividad física, se dispone a lo largo del eje principal de las sollicitaciones a tensión.

La fase de remodelación es la parte final del proceso de reparación. Esta fase se caracteriza porque está marcada por una disminución en la celularidad, vascularidad y el contenido de agua en el nuevo tejido formado<sup>13</sup>; sin embargo, tejido formado está activo y el colágeno mantiene en un equilibrio entre síntesis y degradación. El nuevo colágeno es producido por los fibroblastos que permanecen, mientras que la reabsorción de las fibras originales se realiza por las colagenasas y catepsinas que se originan de fibroblastos, macrófagos o leucocitos polimórficos. Cabe resaltar que además de estos cambios químicos y estructurales, las propiedades mecánicas del tejido vuelven a la normalidad cuando las fibras tendinosas iniciales, de pequeño diámetro, son sustituidas por unidades mayores y más maduras, esto trae como consecuencia un aumento considerable de uniones moleculares.

#### **4. GRUPO MUSCULAR DEL CUADRICEPS**

Después de la intervención quirúrgica en una ruptura del ligamento cruzado anterior, existe una debilidad del grupo muscular del cuádriceps<sup>13</sup>; es por ello que en servicio de rehabilitación del Centro Médico Naval se busca recuperar la fuerza de dicho músculo, para que de esta manera los pacientes puedan retornar a su trabajo. Por esta razón es muy importante conocer la estructura y entender el mecanismo de contracción de este músculo.

## 4.1 ANATOMIA

Como su nombre lo indica, el cuádriceps está constituido por cuatro cuerpos musculares, que se insertan mediante un aparato extensor, en la tuberosidad anterior de la tibia. De este grupo muscular, el vasto externo, vasto interno y el crural son monoarticulares, mientras que el recto anterior del cuádriceps es biarticular.

El origen del recto anterior del cuádriceps tiene dos porciones. La porción recta se origina en la espina iliaca antero superior y la porción refleja en la parte posterior del canal subcotiloideo, por un tendón recurrente sobre el trocánter mayor<sup>31</sup>. Las fibras musculares se dirigen longitudinalmente hacia abajo, para insertarse en el borde superior de la rótula, continuando como ligamento rotuliano, para insertarse en la tuberosidad de la tibia.

El recto anterior presenta un área de sección transversal de aproximadamente 43 cm<sup>2</sup>; así como también conforma el 24.2% del área de sección transversal del cuádriceps. El valor promedio de la longitud de sus fascículos es 5.5 cm aproximadamente, por lo que no se caracteriza por producir altos niveles de fuerza, ni altas velocidades.

El vasto lateral es un musculo plano y ancho, que se origina en las superficies anterior e inferior del trocánter mayor, la línea intertrocanterea del fémur, la tuberosidad glútea y el labio externo de la línea áspera; cuyas fibras se van a dirigir en sentido medial y hacia abajo, para insertarse en el borde externo de la rótula y continuarse como ligamento rotuliano. Algunas fibras se fusionan con el retináculo externo de la rótula<sup>32</sup>.

El vasto lateral, es el músculo que presenta el mayor grosor dentro de los músculos extensores de rodilla ya que su diámetro oscila entre 2.1 y 3.7 cm. Los autores Frederick y Brand que dicho músculo presenta una gran área de sección transversal que mide 64.4 cm<sup>2</sup>. Por otro lado, el porcentaje de área de sección transversal de este vientre muscular es 21.3% del total del cuádriceps. También suele presentar longitudes de fascículos con valores entre 6.0 y 10.0 cm. Por lo mencionado anteriormente el Vasto lateral no sólo es un músculo capaz de producir mucha fuerza, sino que también es capaz de hacerlo velozmente.

El músculo vasto medial se origina en la parte inferior de la línea intertrocanterea, la superficie posterointerna de la diáfisis femoral, la cara interna del tabique intermuscular, el labio interno de la línea áspera, y los tendones del aductor mayor y aductor largo.

Sus fibras se dirigen hacia abajo y adelante, formando un ángulo de 15° al eje longitudinal del fémur, para llegar a insertarse en el borde medial de la rótula y el tendón rotuliano.

Cabe resaltar que las fibras más inferiores de este musculo son mucho más horizontales y forman una prominencia en la parte medial y superior de la rótula, es por ello que algunos

autores distinguen esta parte como el vasto medial oblicuo, con fibras que se originan desde el tendón del aductor grande se insertan en el borde medial de la rótula <sup>33</sup>.

El vasto intermedio es un músculo que se origina desde la superficie anterolateral del fémur y se inserta en el borde superior de la rotula y al igual que los tres músculos mencionados previamente, se continúa con el tendón rotuliano <sup>34</sup>.

El vasto intermedio tiene una estructura similar al vasto lateral y al vasto medial, ya que presenta grandes longitudes de sus fascículos con un valor aproximado de 7.4 cm. El área de sección transversal que presenta este músculo es de 82.0 cm<sup>2</sup> y el vientre muscular conforma el 30.1% del total del área de sección transversal del cuádriceps. Por estas características, su contribución será similar a la del vasto medial<sup>35</sup>.

## **4.2 BIOMECÁNICA**

El cuádriceps es un músculo muy potente ya que en un recorrido de 8 cm, ejerce una potencia de trabajo de 42 kg. El cuádriceps es tres veces más potente que los músculos flexores y esto se debe a que requiere una mayor fuerza para poder vencer la gravedad.

Se ha mencionado previamente que el grupo muscular del cuádriceps está conformado por músculos monoarticulares como biarticulares. Los tres músculos monoarticulares son únicamente extensores de la rodilla, aunque tienen un componente lateral.

Si hacemos una comparación entre ambos vastos, se observa que el vasto medial es más potente que el vasto lateral y esto explica su relativo predominio a oponerse a la tendencia que tiene la rótula de luxarse hacia afuera. Cuando ambos vastos se contraen, se genera una fuerza resultante dirigida hacia arriba en el eje del muslo.

Es importante mencionar la función de la rótula, dentro de la biomecánica del cuádriceps, ya que esta aumenta su eficacia, desplazando hacia adelante su fuerza de tracción.

Al hacer el respectivo análisis biomecánico de la fuerza ejercida por el cuádriceps sobre la rótula, podemos descomponer dicha fuerza en dos vectores. El primer vector está dirigido hacia el eje de flexo extensión, el cual encaja la rótula en la tróclea y el segundo, está dirigido en la prolongación del ligamento rotuliano. Si tomamos como referencia a este ultimo vector y lo proyectamos hasta la tuberosidad anterior de la tibia, se puede descomponer en dos vectores perpendiculares entre sí ; de tal manera que el primero está dirigido hacia el eje de flexo extensión que encaja la tibia sobre el fémur, mientras que el otro ejerce una fuerza tangencial. Este último componente es el único eficaz para realizar la extensión ya que hace que la tibia se deslice hacia adelante sobre el fémur.

El único músculo biarticular del cuádriceps es el recto anterior, quien sólo representa la quinta parte de la fuerza total ejercida por este ; razón por la cual no puede realizar por sí mismo la extensión máxima.

Gracias a su trayecto, el recto anterior es tanto flexor de la cadera como extensor de la rodilla; sin embargo, su eficacia como extensor de la rodilla depende de la posición de la cadera, así como también su acción como flexor de la cadera está supeditada a la posición de la rodilla.

Esto se debe a que la distancia entre la espina iliaca antero superior y el borde superior de la tróclea, es menor en flexión que en extensión. Es por ello que esta diferencia de longitud determina un alargamiento relativo del músculo cuando la cadera está en flexión y la rodilla se encuentra flexionada por el simple peso de la pierna; en estas condiciones, para que se pueda realizar la extensión de la rodilla, los otros tres músculos que conforman el cuádriceps son mucho más eficaces que el recto anterior, que se encuentra distendido por la flexión de la cadera.

Si, por el contrario, la cadera se encuentra en una posición de alineación normal y pasa a la extensión, la distancia entre las dos inserciones del recto anterior aumenta una longitud determinada que tensa el recto anterior, fenómeno que es conocido como acortamiento relativo, y aumenta otro tanto su eficacia<sup>36</sup>.

### **4.3 HISTOLOGÍA**

Es importante describir la histología y la estructura del músculo esquelético, ya que a partir de ello, podremos entender el mecanismo de contracción.

#### **4.3.1 ORGANIZACIÓN ESTRUCTURAL**

La fibra muscular es la unidad estructural del músculo estriado. El protoplasma de la fibra muscular es denominado sarcoplasma y esta, aparte de contener enzimas, lípidos y proteínas de glucógeno; posee mitocondrias, una gran cantidad de núcleos que aproximadamente son 250 por mm de longitud de la fibra y otros organelos especializados. Dentro del sarcoplasma, existe una red extensa de túbulos interconectados y vesículas, que es conocida como retículo sarcoplásmico. Se denomina sarcolema a la membrana celular de la fibra muscular y esta se caracteriza porque se introduce mediante los túbulos T, al eje central de la fibra, formando otra red interconectada de túbulos que se relaciona funcionalmente con el retículo sarcoplásmico.

Cada fibra muscular está compuesta de pequeñas unidades funcionales denominadas miofibrillas, estas se encuentran paralelas su eje longitudinal y tienen aproximadamente un 1  $\mu\text{m}$  de diámetro. Las miofibrillas están conformadas unidades más pequeñas, denominadas miofilamentos; y a su vez, estos están formados por varias proteínas como la actina y miosina, que constituyen el 85% del complejo miofibrilar. El otro 15% de proteínas que conforman la miofibrilla son la tropomiosina, troponina,  $\alpha$ -actina, proteína M, Proteína C, Nebulina y la titina.

Al observar a la miofibrilla bajo el microscopio, se pueden distinguir una serie de estriaciones altamente claras y oscuras. Las tiras claras son las bandas I(isotrópicas) y las tiras oscuras son las bandas A (Anisotrópicas). Los discos Z, anteriormente conocidos como bandas Z, es una línea densa que corre por toda la mitad de las bandas I. La zona H, que es la parte central de la banda A, esta dividida en su parte central por una zona oscura, denominada zona M.

La porción de un fibra comprendida por dos líneas Z sucesivas, es denominada sarcómero y este es la unidad funcional de la fibra muscular.

Los miofilamentos gruesos presentan un diámetro de 15 nanometros, una longitud aproximada de 1,5  $\mu\text{m}$  y se hallan formados por unas 300 moléculas de miosina. Cada unidad de miosina, está constituida por dos cadenas polipeptídicas helicoidales, parcialmente enrolladas entre sí. Cada una de las cadenas presenta en un extremo, una conformación globular y una porción longitudinal muy larga; es por ello que la molécula de miosina, muestra en su zona inicial una doble cabeza, correspondiente a cada uno de los monómeros constituyentes; y una larga cola, resultante del entrelazado y plegado helicoidal de las cadenas largas. Entre la doble cabeza y la cola, existe una zona denominada cuello.

El empaquetamiento de las moléculas de miosina para formar un miofilamento grueso, se hace a través de fuerzas de cohesión que fijan las colas de las moléculas. Las cabezas de la miosina sobresalen hacia el exterior, mostrando una disposición periódica y ordenada. El conjunto de moléculas de miosina empaquetadas se disponen en dos mitades yuxtapuestas; la zona central de esta yuxtaposición es ligeramente engrosada y relacionada con la proteína M.

Los miofilamentos delgados con 70 nm de diámetro y una longitud de 1,6  $\mu\text{m}$ , están formados por tres proteínas bien identificadas: actina, troponina y tropomiosina.

La actina conforma el armazón estructural básico de los filamentos delgados. Posee lugares activos que interactúan con las cabezas de miosina, durante la contracción

muscular; durante el reposo, estos centros activos se encuentran bloqueados por las proteínas reguladoras.

La actina es un polímero conformado por unos 400 monómeros; cada monómero está constituido por dos subunidades de forma globular, que reciben el nombre de actina G. Los monómeros se disponen en forma de dos largas cadenas, que se enrollan entre sí en forma de una doble hélice, dejando una ranura central entre ambas donde se sitúan la troponina y la tropomiosina. A este polímero resultante se le denomina Actina F.

La tropomiosina es una proteína que se denomina así porque presenta una similitud estructural con las porciones distales de la miosina ; esta proteína está formada por dos cadenas polipeptídicas plegadas en hélice y se encuentra ubicada entre el surco que queda en la doble hélice de actina, extendiéndose a lo largo de siete monómeros de actina. Uno de sus extremos es libre y el otro se une al complejo de troponina.

Cuando el músculo se encuentra en reposo, la tropomiosina se encuentra bloqueando los centros activos de la miosina, impidiendo establecer los enlaces actomiosínicos.

La troponina (Tn) es una proteína globular de menor dimensión pero con mayor complejidad estructural ya que posee tres subunidades denominadas TnC, TnT, TnI; que se sitúan también en el surco de la doble hélice de actina, en uno de los extremos de la tropomiosina<sup>37</sup>.

#### **4.3.2 TIPO DE FIBRAS**

El cuádriceps es un músculo fásico, y como tal, el predominio de las fibras musculares que lo conforman son las de tipo II, sin embargo se debe especificar que se trata del subtipo IIX. En general, las fibras de tipo II presentan una velocidad de contracción tres a cinco veces mayor que las fibras de tipo I. Los estudios actuales demuestran que en un músculo no existe un solo tipo de fibra muscular; sino que posee una estructura de tipo mosaico, en donde existen una diversidad de estas, con una mayor cantidad de algunas en relación a otras.

Las fibras de tipo IIX se caracterizan porque dentro del grupo de las fibras rápidas, tienen la velocidad de contracción menor que las fibras IIB, pero mayor que las fibras IIA.

El metabolismo energético de las fibras de tipo II es la glucogenólisis, con menor importancia relativa respecto al metabolismo oxidativo. Por esa razón, dichas fibras presentan una menor densidad mitocondrial y mitocondrias más pequeñas, en comparación con las fibras de tipo I.

Dentro de los subtipos de fibras, las de tipo IIB son las que presentan mayor capacidad glucolítica y menor capacidad oxidativa; mientras que las fibras de tipo IIA, presentan mayor capacidad oxidativa y menor capacidad glucolítica. Las fibras de tipo IIX, presentan capacidades intermedias<sup>38</sup>.

Por lo expuesto anteriormente, podemos concluir que las fibras de tipo IIX son aquellas de las que se obtiene una respuesta más rápida y con mayor tensión cuando se activan, pero debido a su metabolismo, son rápidamente fatigables.

#### **4.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA**

Aproximadamente el 75% del músculo es agua y el 20% son proteínas; el 5% restante está compuesto de sales inorgánicas y otras sustancias que incluyen al fosfato de alta energía, calcio, magnesio, fósforo, iones de sodio, potasio y cloruro, aminoácidos, lípidos y carbohidratos.

La más abundante de las proteínas que se encuentra en la fibra muscular es la miosina, ya que conforma el 60% del total de la proteína muscular. El otro 40% de las proteínas está conformado por la actina y la tropomiosina.

La mioglobina es una hemoproteína muscular que desde el punto de vista estructural y funcional muy parecida a la hemoglobina. Se puede encontrar 700mg de esta proteína dentro de cada 100 gramos de tejido muscular.<sup>39</sup>

### **5 FUERZA MUSCULAR**

#### **5.1 BASES BIOQUÍMICAS DE LA CONTRACCIÓN MUSCULAR**

La primera etapa de este proceso comienza con la llegada del impulso nervioso a la unión neuromuscular, proveniente de la motoneurona alfa lo que implica la liberación de acetilcolina en el espacio sináptico de la unión neuromuscular. La acetilcolina se une a receptores específicos ubicados en el sarcolema lo que produce el potencial de placa, y que supera el umbral de excitabilidad de la fibra muscular e implica la despolarización de la célula muscular. Dicha despolarización es conducida al interior de la célula muscular por el túbulo transverso. Cuando el potencial de acción alcanza el retículo sarcoplásmico, se libera calcio y se difunde al interior del músculo para unirse a la Troponina C<sup>40</sup>.

Cuando el músculo está relajado, la tropomiosina bloquea los sitios activos de la molécula de actina, sobre los que puede fijarse la cabeza de la miosina. El desencadenamiento de la

contracción depende de la liberación del calcio del retículo sarcoplásmico. En un músculo relajado, la concentración de calcio en el sarcoplasma es de  $0,01 \mu\text{mol/l}$ . Sin embargo, cuando se provoca la liberación de calcio debido al cambio de la permeabilidad de la membrana, la concentración de calcio del retículo sarcoplásmico se multiplicará de 10 a 100 veces, lo que significa que la nueva concentración de calcio será de  $0,01$  a  $1-10 \mu\text{mol/l}$ <sup>37</sup>. La mayoría de los iones calcio liberados en el retículo sarcoplásmico se fijarán a la troponina C. Esto provoca un cambio en la posición de la tropomiosina, que descubre los sitios activos donde las cabezas de la miosina se fijan a la actina. Este puente de unión inicia la liberación de la energía almacenada en la molécula de miosina. La ATPasa, que se encuentra en la cabeza de miosina, hidroliza el ATP y producto de esta reacción se liberan aproximadamente  $30\text{kJ}$ ; esta energía liberada permite la inclinación de la cabeza de miosina y el contacto con la actina, lo que implica el acortamiento del sarcómero.

La unión del ATP a la miosina rompe los puentes de unión con la molécula de actina. La ATPasa activada romperá también el ATP fijado en la cabeza de la miosina y suministrará la energía necesaria para permitir la formación de un nuevo sitio sobre la molécula. Este ciclo de formaciones y desuniones sucesivas de puentes de unión entre las cabezas de miosina y las diferentes moléculas de actina se desarrolla mientras haya calcio disponible para fijarse a la troponina C, que descubre el sitio de la actina en la cabeza de la miosina mientras el ATP está disponible, es decir, mientras se sintetiza suficientemente rápido en función de la potencia producida por el músculo (fuerza producida sobre una distancia/tiempo).

Por lo tanto, lo que da la señal de parada de la contracción a la unión neuromuscular es la ausencia de impulso nervioso. Por eso, una bomba de calcio situada en el interior del retículo sarcoplásmico comienza a bombear de nuevo el calcio a las cisternas terminales del retículo sarcoplásmico. La retirada del calcio de la troponina implica el retorno de la tropomiosina a su posición inicial, lo que oculta la molécula de actina e impide la formación de los puentes de unión entre la actina y la miosina.

## **5.2 PROPIEDADES BIOMECÁNICAS DEL MÚSCULO**

Desde el punto de vista fisiológico, se entiende como fuerza a la capacidad que tiene un músculo de generar tensión. En teoría, esta capacidad esta en relación con una serie de factores que pueden ser de tipo estructural, de tipo neural u otras cuestiones relacionadas con las propiedades mecánicas de músculo.



Las relaciones de longitud- tensión, velocidad-fuerza, dependen las características contráctiles de las fibras musculares y de la arquitectura muscular, como se detallan a continuación.

### **5.2.1 PROPIEDADES CONTRACTILES DE LAS FIBRAS MUSCULARES**

La fuerza que produce el músculo esquelético tiene su origen en la activación de numerosas fibras musculares o sarcómeras. Cada miofibrilla es como una hilera de miles de sarcómeras enganchadas por elementos elásticos a ambos lados de cada sarcómero y finalmente a cada extremo de la miofibrilla, con otros elementos elásticos de distintas características mecánicas que terminan uniéndose a los huesos.

Es fundamental tener esto presente porque toda fuerza que puede ejercer un músculo, se tiene que aplicar por medio de estos elementos elásticos, es por ello que estos tienen la importante función de devolver a las sarcómeras a su dimensión inicial después de la contracción muscular.

#### **5.2.1.1 RELACIÓN LONGITUD - TENSIÓN**

Recordemos que fisiológicamente, la fuerza es la capacidad que tiene el músculo para generar tensión. El mecanismo intrínseco para la generación de fuerza es el deslizamiento de los filamentos delgados sobre los filamentos gruesos, lo que permite el acercamiento de los discos Z. Para que sea posible la interacción entre las fibras de actina y miosina, se requiere la energía proveniente del ATP hidrolizado por las ATPasa miofibrilar, en un proceso denominado ciclo de los puentes cruzados.

De acuerdo con este esquema, la fuerza generada por una fibra está relacionada con el número de puentes cruzados activos; por ello podemos concluir que a mayor tensión de la fibra, habrá un mayor requerimiento de puentes cruzados y por ende, una disminución en la longitud.

#### **5.2.1.2 RELACIÓN VELOCIDAD - FUERZA**

La relación velocidad fuerza es de tipo inverso ya que la velocidad con la que se acorta un músculo, depende de la carga que tiene que mover. Naturalmente, cuando existe una mayor carga, la fuerza que tiene que generar el músculo es superior, pero la velocidad de acortamiento de la fibra será menor.

Uno de los factores limitantes en la velocidad de acortamiento de la fibra muscular es la velocidad de trabajo de la ATPasa miofibrilar de la miosina de cadena pesada. La

expresión genética de un tipo específico de miosina de cadena pesada, ya sea de tipo I, IIA o IIX, condiciona el tiempo en que tarda un músculo en generar fuerza y también la velocidad de acortamiento. Es por ello que cada tipo de fibra muscular, tendrá una relación fuerza velocidad diferente, dependiendo de su composición molecular.

### **5.2.2 ARQUITECTURA MUSCULAR**

La arquitectura muscular es la manera en que las fibras musculares se organizan para formar un músculo y esta característica influencia en las relaciones longitud- tensión y velocidad-fuerza. En esta disposición existen tres principales aspectos en el diseño del músculo que influyen su función : longitud, área de sección transversal y ángulo de pennación.

Se pueden describir los efectos que producen estos aspectos si consideramos a un músculo compuesto de fibras en serie y fibras en paralelo.

Cuando un músculo posee fibras que se organizan en serie, favorece un mayor rango de movimiento y una mayor velocidad de acortamiento. El cambio de longitud que experimenta el músculo será igual a la sumatoria de los cambios individuales que experimenta cada fibra muscular por los que está formado y la tensión generada por el músculo será igual a la media de las tensiones generadas por cada una de sus fibras.

Cuando las fibras se organizan en paralelo la tensión resultante será igual a la suma de las tensiones que genera cada fibra. Esto se relaciona íntimamente con el supuesto que afirma que el área de sección transversal de un músculo es un índice de la máxima fuerza que un músculo puede desarrollar. Si pensamos en un músculo con una mayor cantidad de material contráctil, la fuerza que producirá al contraerse será proporcional al número de sarcómeros en paralelo activadas.

La tercera característica de la disposición geométrica de las fibras musculares es el ángulo de pennación, el cual hace referencia al ángulo que forma entre las fibras y los fascículos musculares y la línea de tensión de la carga. Un músculo es fusiforme porque las fibras musculares se disponen paralelas a este, a diferencia de los músculos penniformes en donde la disposición de las fibras musculares forman un ángulo con la inserción de la aponeurosis. Cabe resaltar que la tensión del músculo varía según el ángulo de pennación, ya que cuando este es igual al cero, la tensión neta realizada por la fibra muscular actúa en la misma dirección que el eje mecánico en el que el músculo ejerce la fuerza y cuando este ángulo es diferente de cero, la tensión neta que puede realizar la fibra muscular varía en relación al coseno del ángulo.

La relación de longitud - tensión en un músculo pennado es más efectiva que un músculo que tiene las fibras paralelas a la línea de acción.

En la relación velocidad - fuerza, mientras el ángulo de pennación se acerque a cero habrá una mayor velocidad en la contracción pero menor fuerza, a diferencia de un músculo con ángulo de pennación mayor ya que generará más fuerza pero será menos veloz<sup>41</sup>.

### **5.3. ESTRUCTURA DE LA FUERZA**

La fuerza constituye una de las capacidades motoras fundamentales del hombre. Esta se manifiesta en cualquier actividad, pues los movimientos que realizamos cotidianamente están sustentados en esfuerzos musculares. Podemos afirmar que todo movimiento está originado por una fuerza, por ejemplo, para cambiar la posición en el espacio de cualquier objeto con respecto a nuestro cuerpo, cambiar la posición de las partes del cuerpo, o la del cuerpo en sí en relación con otro objeto, todo esto provocado por un esfuerzo que depende de nuestras posibilidades de contracción muscular. Es por ello que es importante conocer la definición de la fuerza muscular y las manifestaciones que presenta.

Desde el punto de vista de los estudios de la Física la fuerza es el producto de la masa por la aceleración y en un enfoque mecánico, la fuerza es la capacidad que presenta la musculatura para deformar un cuerpo o modificar la aceleración del mismo. Sin embargo, la definición fisiológica de la misma, se refiere a la capacidad del músculo de producir tensión interna.

Existen diversas formas de manifestación de la fuerza pero en el campo de la fisioterapia, la ciencia del entrenamiento y la medicina laboral, se divide a la fuerza en tres subcategorías: Fuerza máxima, fuerza rápida y fuerza de resistencia.

#### **5.3.1 FUERZA MÁXIMA**

Es la mayor expresión de fuerza que el sistema neuromuscular y se define como la capacidad de contrarrestar resistencias altas, superarlas o neutralizar fuerzas exteriores muy elevadas que incidan en el cuerpo. Dicha manifestación de fuerza puede ser estática (fuerza máxima estática), cuando la resistencia a vencer es insuperable; o dinámica (fuerza máxima dinámica), si existe desplazamiento de dicha resistencia <sup>42</sup>.

La fuerza máxima depende de tres factores principales que son susceptibles de ser entrenados, como son la sección transversal del músculo, la coordinación intermuscular o y la coordinación intramuscular.

Es importante determinar el valor de la fuerza máxima en la fisioterapia y la rehabilitación, ya que nos ayuda de manera orientativa a determinar el estímulo de entrenamiento adecuado para cada paciente.

#### **5.3.1.1 FUERZA ESTÁTICA MÁXIMA**

También es conocida como la fuerza isométrica máxima y se produce cuando el sujeto realiza una contracción voluntaria máxima contra una resistencia insuperable. En una prueba de fuerza máxima es muy importante dar el máximo de fuerza que adopta la posición de la articulación durante esta prueba y para los fisioterapeutas, este procedimiento debe serles familiar a la prueba de Daniels/ Williams/ Worthingham<sup>43</sup>.

#### **5.3.1.2 FUERZA DINÁMICA MÁXIMA**

Es la expresión máxima de la fuerza cuando la resistencia sólo se puede desplazar una vez, se desplaza ligeramente o transcurre a muy baja velocidad en una fase de movimiento<sup>44</sup>.

Para medir esta fuerza se utiliza una resistencia que sólo puede ser superada una vez y el valor de este resultado se puede considerar con el valor de una repetición máxima (1RM). Algunos autores distinguen dentro de la fuerza máxima dinámica entre la llamada fuerza máxima concéntrica, como la manifestación máxima de fuerza que se produce cuando la resistencia sólo se puede desplazar una vez o se desplaza ligeramente, y la fuerza máxima excéntrica, que es aquella fuerza máxima que se opone ante una resistencia que se desplaza en sentido opuesto al que realiza el sujeto<sup>45</sup>.

#### **5.3.1.3 FUERZA DINÁMICA MÁXIMA RELATIVA**

También conocida como fuerza dinámica submáxima, es la máxima fuerza expresada ante resistencias inferiores a la que se corresponden con la fuerza dinámica máxima. También se puede definir como la capacidad que tiene un músculo para imprimir velocidad a una resistencia inferior a aquella con la que se manifiesta la fuerza dinámica máxima.

#### **5.3.2 FUERZA RESISTENCIA**

Es la capacidad de soportar la fatiga en la realización de esfuerzos musculares que pueden ser de corta, media y larga duración<sup>46</sup>. Supone, por tanto, una combinación de las cualidades de fuerza y resistencia, donde la relación entre la intensidad de la carga y la

duración del esfuerzo van a determinar la preponderancia de una de las cualidades sobre la otra.

En este sentido, podemos hablar de la llamada fuerza resistencia de corta duración, donde se intenta superar la fatiga ante intensidades superiores al 80% de una repetición máxima (1 RM), circunstancia en la cual dominan los factores locales y donde no existe aportación de oxígeno y nutrientes por vía sanguínea, debido al cierre de las vías arteriales a causa de la elevada tensión muscular.

Hablaremos de fuerza resistencia de media duración en esfuerzos mantenidos ante cargas situadas entre el 20% y el 40% de 1 RM, donde las cualidades de fuerza y resistencia aportan un valor prácticamente equitativo de cara al rendimiento. Por último, señalar la denominada fuerza resistencia de larga duración, manifestada en esfuerzos mantenidos por debajo del 20% de 1 RM, donde las vías de producción de energía aeróbicas adquieren clara preponderancia en relación a la fuerza local.

Para la fisioterapia y en entrenamiento rehabilitador de una musculatura atrofiada por una disfunción, dolor o inmovilización no podemos ignorar el ámbito de carga negado por la definición por debajo del 30% del umbral. Esto se debe a que una buena parte de la motricidad normal de los pacientes, se realiza utilizando menos del 30% de la fuerza máxima.

### **5.3.3 FUERZA RÁPIDA**

Es la capacidad de producir un impulso de fuerza lo más grande posible en el tiempo que se tiene a disposición. En la práctica, esto significa que cuanto más rápido ha sido realizado un movimiento, menos tendrá que haber sido la fuerza máxima invertida. Recordemos que dentro de las propiedades contráctiles de las fibras musculares, la relación entre la fuerza y la velocidad es inversa ya que cuando existe una mayor carga, la fuerza que tiene que generar el músculo es superior, pero la velocidad de acortamiento de la fibra será menor.

En una alta velocidad de contracción del músculo, se reducen los tiempos de contacto del complejo actina - miosina, lo que conduce a una reducción de la fuerza a invertir.

## **5.4 DÉFICIT DE FUERZA**

Es la diferencia entre un pico máximo de fuerza, que puede ser la fuerza isométrica máxima o la fuerza isométrica dinámica, y la fuerza aplicada contra cualquier resistencia inferior a aquella con la que se consigue dicho pico máximo de fuerza <sup>41</sup>. Esta diferencia se

expresa en porcentajes sobre el pico máximo, lo que quiere decir que el déficit es el porcentaje que representa la pérdida de fuerza que se produce cuando las condiciones para aplicar la fuerza no son las ideales

Después de la cirugía reconstructiva del ligamento cruzado anterior, los pacientes muestran un 41,3% de déficit de la fuerza muscular del cuádriceps<sup>13</sup>. Por esta razón, el Centro Médico Naval ha elaborado un protocolo de fortalecimiento muscular que será detallado a continuación.

## **5.5 PROTOCOLO DE FORTALECIMIENTO MUSCULAR**

Como se ha descrito anteriormente, después de la recuperación post cirugía, los pacientes son derivados al servicio de Medicina Física y Rehabilitación para que reciban el tratamiento fisioterapéutico. Uno de los puntos más importantes para la rehabilitación del paciente es la recuperación de la fuerza muscular, es por ello que el Centro Médico Naval tiene un protocolo que será descrito detalladamente a continuación.

### **PRIMER MES**

#### **0-2 SEMANAS**

1. Desplazamiento con muletas con carga parcial de 10%
2. Electroestimulación del cuádriceps sin desplazamiento articular, mediante corriente rusa

Posición del paciente: Decúbito supino sobre camilla con la rodilla extendida

Posición de electrodos: Vasto externo y vasto interno

Durante la estimulación, el paciente realiza una contracción isométrica del cuádriceps.

3. Ejercicios isométricos del cuádriceps

Posición del paciente: Supino sobre camilla con rodilla extendida

Ejercicio: Contracción isométrica del cuádriceps durante tres segundos, con una pausa de dos segundos. Entre cada serie, habrá una pausa de 30 segundos.

Nº de repeticiones: 10

Nº de series: 3

#### **3-4 SEMANAS**

1. Electroestimulación del cuádriceps con desplazamiento articular, mediante corriente rusa

Posición del paciente: Decúbito supino, rodilla flexionada a 90° fuera de la camilla

Posición de electrodos: Vasto externo y vasto interno

Durante la estimulación, el paciente realiza una contracción concéntrica del cuádriceps.

## 2. Ejercicios de cadera en cadena cerrada y abierta.

### 2.1 Ejercicios de glúteo en cadena cerrada

Posición de partida: Paciente en decúbito supino con las rodillas flexionadas a 90° y los pies apoyados sobre la tarima.

Ejercicio: Elevación de la pelvis, mantener la contracción de glúteos durante tres segundos. Entre cada serie, mantener una pausa de 1 minuto

Nº de repeticiones: 10

Nº de series: 3

### 2.2 Ejercicios de glúteo en cadena abierta

Posición de partida: Paciente en bipedestación con la rodilla extendida y los codos apoyados sobre la paralela

Ejercicio: Extensión de cadera, mantener la contracción de glúteo durante tres segundos. Entre cada serie, mantener una pausa de 1 minuto.

Semana 3	Semana 4
Nº de repeticiones: 20	Nº de repeticiones: 30
Nº de series: 3	Nº de series: 3

### 2.3. Ejercicios de abductores de cadera

Posición de partida: Paciente en decúbito lateral con la rodilla extendida y la cadera en posición neutra.

Ejercicio: Abducción de cadera hasta 20°, mantener la contracción de abductores de cadera durante tres segundos. Entre cada serie, mantener una pausa de 1 minuto.

Semana 3	Semana 4
Nº de repeticiones: 20	Nº de repeticiones: 30
Nº de series: 3	Nº de series: 3

### 3. Ejercicios de extensión de rodilla en cadena abierta y cerrada

#### 3.1. Ejercicios de extensión de rodilla en cadena cerrada

Posición de partida: Paciente en supino con la rodilla flexionada a  $90^{\circ}$  con los pies apoyados sobre la tarima.

Ejercicio: Deslizamiento del pie sobre la camilla, hasta lograr la extensión de la rodilla

Finalmente mantener una contracción isométrica de tres segundos.  
Entre cada serie, mantener una pausa de 1 minuto.

Semana 3	Semana 4
Nº de repeticiones: 20	Nº de repeticiones: 30
Nº de series: 3	Nº de series: 3

#### 3.1. Ejercicios de extensión de rodilla en cadena abierta

Posición de partida: Paciente en supino con la rodilla apoyada en un rulo.

Ejercicio: Extensión de la rodilla, finalmente mantener una contracción isométrica del cuádriceps durante tres segundos. Entre cada serie, mantener una pausa de 1 minuto

Semana 3	Semana 4
Nº de repeticiones: 20	Nº de repeticiones: 30
Nº de series: 3	Nº de series: 3

### 4.- Ejercicios en piscina (agua a nivel mamilar)

#### 4.1 Ejercicios de glúteo en cadena abierta

Posición de partida: Paciente en bipedestación con la rodilla extendida y el codo apoyado sobre la baranda

Ejercicio: Extensión de cadera, mantener la contracción de glúteo durante tres segundos. Entre cada serie, mantener una pausa de 1 minuto.

Semana 3	Semana 4
----------	----------



N <sup>0</sup> de repeticiones: 20	N <sup>0</sup> de repeticiones: 30
N <sup>0</sup> de series: 3	N <sup>0</sup> de series: 3

#### 4.2 Ejercicios de abductores de cadera en cadena abierta

Posición de partida: Paciente en bipedestación con la rodilla extendida y las manos sobre la baranda

Ejercicio: Abducción de cadera, mantener la contracción de durante tres segundos. Entre cada serie, mantener una pausa de 1 minuto.

Semana 3	Semana 4
N <sup>0</sup> de repeticiones: 20	N <sup>0</sup> de repeticiones: 30
N <sup>0</sup> de series: 3	N <sup>0</sup> de series: 3

#### 4.3 Ejercicios de rodilla en cadena cerrada

Posición de partida: Paciente en bipedestación con ambos pies separados.

Ejercicio: Sentadilla. Entre cada serie, mantener una pausa de 1 minuto.

Semana 3	Semana 4
N <sup>0</sup> de repeticiones: 20	N <sup>0</sup> de repeticiones: 30
N <sup>0</sup> de series: 3	N <sup>0</sup> de series: 3

#### 4.3 Ejercicios de Tobillo en cadena cerrada

Posición de partida: Paciente en bipedestación con las manos apoyadas en la baranda.

Ejercicio: Plantiflexión y dorsiflexión (punta, talón) . Entre cada serie, mantener una pausa de 1 minuto.

Semana 3	Semana 4
N <sup>0</sup> de repeticiones: 20	N <sup>0</sup> de repeticiones: 30

N <sup>0</sup> de series: 3	N <sup>0</sup> de series: 3
-----------------------------	-----------------------------

#### 4.4 Inicio de marcha ( anterior, lateral y posterior)

### SEGUNDO MES ( 4-8 SEMANAS)

1.- Desplazamiento en 1 muleta con apoyo parcial entre el 50 a 75%.

2.- Ejercicios de cadera en cadena abierta y cerrada

#### 2.1 Ejercicios de glúteo en cadena cerrada

Posición de partida: Paciente en decúbito supino con las rodillas flexionadas a 90° y los pies apoyados sobre la tarima. Se coloca una pesa de 5kg sobre el abdomen.

Ejercicio: Elevación de la pelvis, mantener la contracción de glúteos durante tres segundos. Entre cada serie, mantener una pausa de 1 minuto

N<sup>0</sup> de repeticiones: 15

N<sup>0</sup> de series: 3

#### 2.2 Ejercicios de glúteo en cadena abierta

Posición de partida: Paciente en bipedestación con la rodilla extendida y los codos apoyados sobre la paralela. Colocar una pesa de 1 kg ( 4- 6 sem) o una de 2 kg (7-8 semanas)

Ejercicio: Extensión de cadera, mantener la contracción de glúteo durante tres segundos. Entre cada serie, mantener una pausa de 1 minuto.

Semana 4-6	Semana 7- 8
N <sup>0</sup> de repeticiones: 20	N <sup>0</sup> de repeticiones: 30
N <sup>0</sup> de series: 3	N <sup>0</sup> de series: 3

#### 2.3. Ejercicios de abductores de cadera

Posición de partida: Paciente en decúbito lateral con la rodilla extendida y la cadera en posición neutra. Colocar una pesa en tobillo de 1 kg ( 4- 6 S) o una de 2 kg (7-8 semanas)

Ejercicio: Abducción de cadera hasta 20°, mantener la contracción de abductores de

cadera durante tres segundos. Entre cada serie, mantener una pausa de 1 minuto.

Semana 4-6	Semana 7-8
Nº de repeticiones: 20	Nº de repeticiones: 30
Nº de series: 3	Nº de series: 3

### 3. Ejercicios de extensión de rodilla en cadena abierta bilateral

Posición de partida: Paciente en sedestación en la banca de cuádriceps con la rodilla en flexión de 90°.

Ejercicio: Extensión bilateral de las rodillas, finalmente mantener una contracción cuádriceps dos segundos. Entre cada serie, mantener una pausa de 30 segundos

Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
Repeticiones : 20	Repeticiones : 20	Repeticiones: 20	Repeticiones : 20
Nº de series: 3	Nº de series: 3	Nº de series: 3	Nº de series: 3
Peso : 1kg	Peso : 2kg	Peso : 3kg	Peso : 4kg

4.- Ejercicio en bicicleta sin resistencia ( a partir de la 6ta semana)

5.- Ejercicios en Piscina ( a nivel del ombligo)

- Idénticos a las semana 3 y 4

## TERCER MES (9-12 SEMANAS)

1.- Desplazamiento sin muletas y con rodillera ( carga 100%)

2.- Ejercicios de cadera en cadena abierta y cerrada ( idénticos al segundo mes)

3.- Ejercicios de rodilla en cadena cerrada ( con rodillera)

Posición de partida: Paciente en bipedestación con la espalda apoyada en una pelota Bobath, pies separados, rodillas en extensión.

Ejercicio: Sentadillas hasta 90°.

Semana 9-10	Semana 11-12
Nº de repeticiones: 20	Nº de repeticiones: 30
Nº de series: 3	Nº de series: 3

#### 4.- Ejercicios de rodilla en cadena abierta

Posición de partida: Paciente en sedestación en banca de cuádriceps con las rodillas en flexión de 90°.

Ejercicio: Leg extension en supe series. 7 Repeticiones con peso y 7 repeticiones sin peso.

#### 5.- Ejercicios en bicicleta con resistencia

#### 6.- Ejercicios en elíptica sin resistencia

#### 8.- Ejercicios en piscina ( idénticos al 2do mes)

8.1 Nivel trocantereo( 9- 10 semanas)

8.2 Nivel de rodilla ( 10-12 semanas)

### **CUARTO MES ( 13-16 SEMANAS)**

#### 1.- Desplazamiento sin rodillera

#### 2.- Ejercicios de rodilla en cadena abierta y cerrada ( idénticos al tercer mes)

#### 3.- Ejercicios en bicicleta con resistencia

#### 4.- Ejercicios en elíptica con resistencia

#### 5.- Ejercicios en trotadora (16 semanas)

- Monopedestación
- Velocidad : 0,8 km/ h
- Inclinación: 20°.
- Tiempo:10 minutos

### **QUINTO MES ( 17-20 SEMANAS)**

#### 1.- Desplazamiento sin rodillera

#### 2.- Ejercicios de rodilla en cadena abierta y cerrada ( idénticos 4to mes)

#### 3.- Ejercicios en bicicleta con resistencia

#### 4.- Ejercicios en elíptica con resistencia

### 5.- Ejercicios en trotadora

17 semanas	Velocidad	0,8 km/ h			
	Inclinación	15%	10%		
	Tiempo	5'	5'		
18 semanas	Velocidad	0,8 km/ h			
	Inclinación	15%	10%	5%	
	Tiempo	5'	5'	5'	
19 semanas	Velocidad	0,8 km/ h			
	Inclinación	15%	10%	5%	0 <sup>0</sup>
	Tiempo	5'	5'	5'	5'
20 semanas (Inicio de trote)	Velocidad				
	Inclinación		10%	5%	0 <sup>0</sup>
	Tiempo		5'	5'	5'

### SEXTO MES (21- 24 SEMANAS)

- 1.- Desplazamiento sin rodillera
- 2.- Ejercicios de rodilla en cadena abierta y cerrada ( idénticos 5to mes)
- 3.- Ejercicios en bicicleta con resistencia
- 4.- Ejercicios en elíptica con resistencia
- 5.- Ejercicios en trotadora

21 semanas	Inclinación	10%	5%	0 <sup>0</sup>
	Tiempo	5'	5'	5'
22 semanas	Inclinación	5%	0 <sup>0</sup>	
	Tiempo	5'	5'	
23 semanas	Inclinación	5%	0 <sup>0</sup>	
	Tiempo	5'	5'	
24 semanas	Inclinación	0 <sup>0</sup>		
	Tiempo	10'		

### 6.- Ejercicios polimétricos

## **2.3 DEFINICIÓN DE TERMINOS BASICOS**

### **2.3.1 POST OPERADOS DE LCA**

Pacientes que han sido intervenidos quirúrgicamente luego de haber sufrido la ruptura total del ligamento cruzado anterior.

### **2.3.2 CUADRICEPS**

Músculo extensor de la rodilla, compuesto por cuatro vientres musculares, de los cuales tres de ellos son monoarticulares(vasto externo, vasto interno, vasto intermedio) y uno de ellos es monoarticular(recto interno).

### **2.3.3. CONTRACCION MUSCULAR**

Fuerza que produce el músculo esquelético que tiene su origen en la activación de numerosas fibras musculares.

### **2.3.4 ARQUITECTURA MUSCULAR**

Es la manera en que las fibras musculares se organizan para formar un músculo.

### **2.3.5 FUERZA MUSCULAR**

Desde el punto de vista de los estudios de la Física la fuerza es el producto de la masa por la aceleración y en un enfoque mecánico, la fuerza es la capacidad que presenta la musculatura para deformar un cuerpo o modificar la aceleración del mismo. Sin embargo, la definición fisiológica de la misma, se refiere a la capacidad del musculo de producir tensión interna.

### **2.3.6 FUERZA MÁXIMA**

Se define como la capacidad de contrarrestar resistencias altas, superarlas o neutralizar fuerzas exteriores muy elevadas que incidan en un cuerpo .

### **2.3.7 FUERZA ESTÁTICA MAXIMA**

También es conocida como la fuerza isométrica máxima y se produce cuando el sujeto realiza una contracción voluntaria máxima contra una resistencia insuperable

### **2.3.8 FUERZA DINÁMICA MÁXIMA**

Es la expresión máxima de la fuerza cuando la resistencia sólo se puede desplazar una vez, se desplaza ligeramente o transcurre a muy baja velocidad en una fase de movimiento

### **2.3.9 FUERZA DINÁMICA MÁXIMA RELATIVA**

Es la capacidad que tiene un músculo para imprimir velocidad a una resistencia inferior a aquella con la que se manifiesta la fuerza dinámica máxima.

### **2.3.10 FUERZA RESISTENCIA**

Es la capacidad de soportar la fatiga en la realización de esfuerzos musculares que pueden ser de corta, media y larga duración

### **2.3.11 FUERZA RÁPIDA**

Es la capacidad de producir un impulso de fuerza lo más grande posible en el tiempo que se tiene a disposición.

### **2.3.12 DEFICIT DE FUERZA**

Es la diferencia entre un pico máximo de fuerza, que puede ser la fuerza isométrica máxima o la fuerza isométrica dinámica, y la fuerza aplicada contra cualquier resistencia inferior a aquella con la que se consigue dicho pico máximo de fuerza.

### **2.3.13 AUTOINJERTO**

Son implantes de tejido pertenecientes a un donante para reemplazar la falta del ligamento cruzado anterior.

### **2.3.14 ALOINJERTO**

También denominado injerto autólogo, es un implante donde se utiliza el propio tejido del paciente afectado para reemplazar la falta de LCA. Los injertos que más se utilizan son el tendón patelar y el tendón del semitendinoso con o sin recto interno.

### **2.3.15 TROFISMO MUSCULAR**

Es el estado de nutrición que tiene un tejido, en el caso de los músculos depende de varios factores como la inervación indemne de, su irrigación sanguínea, su metabolismo y del movimiento.

## **2.4 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

### **2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL**

Existiría recuperación de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de Ligamento cruzado anterior, en un plazo tres meses

### **2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- Existiría recuperación de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de Ligamento cruzado anterior con implante de autoinjerto, en un plazo de tres meses
- Existiría recuperación de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de Ligamento cruzado anterior con implante de aloinjerto, en un plazo de tres meses
- Existiría variación del trofismo muscular del muslo en pacientes post operados de Ligamento cruzado anterior, en un plazo de tres meses



## **CAPITULO III : METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Analítico, observacional, longitudinal

El estudio es analítico y buscará establecer el porcentaje de recuperación de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes que han sido operados del ligamento cruzado anterior, sin intervenir en la rehabilitación física de la población estudiada, es por ello es observacional. Durante tres meses, se hará un seguimiento a estos pacientes y se evaluará la fuerza muscular del cuádriceps en dos momentos. La primera medición se realizará al iniciar del programa de fortalecimiento y la segunda medición se realizará 3 meses después. Por esta razón este estudio es longitudinal.

### **3.2 SUJETOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.2.1 ÁREA DE ESTUDIO**

El lugar donde se realizará el estudio es en el Servicio de Rehabilitación del Centro Médico Naval Cirujano Mayor Santiago Távara

#### **3.2.2 POBLACIÓN**

La población constará de pacientes varones post operados de ligamento cruzado anterior que han iniciado el plan de fortalecimiento del muscular, siguiendo el protocolo de tratamiento fisioterapéutico establecido por el Centro Médico Naval, durante el periodo del 15 de enero al 15 de Abril Del 2016

#### **3.2.3 MUESTRA**

La muestra consta de 20 pacientes varones post operados de ligamento cruzado anterior

#### **3.2.4 CRITERIOS DE SELECCIÓN**

##### **A) CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

Serán incluidos en el estudio aquellos pacientes que presenten las siguientes características

- Personas de 20 a 50 años de edad
- Personas de sexo masculino

- Pacientes operados de rodilla por primera vez
- Personas que realizan el tratamiento de terapia física y rehabilitación durante tres meses

## **B) CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

Serán excluidos del estudio todos los pacientes que presenten las siguientes características

- Pacientes con antecedentes de lesiones traumatológicas de miembro inferior
- Personas con complicaciones post quirúrgicas
- Personas con afecciones de columna
- Personas con lesiones articulares de la rodilla contralateral
- Personas con dolor de Escala Análogo visual de 5 a 10
- Pacientes que anteriormente ya han sido operados por ruptura de ligamento cruzado anterior

## **3.3 VARIABLES DE ESTUDIO**

### **3.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Post operados de ligamento cruzado anterior

### **3.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE**

Fuerza muscular del cuádriceps.

Trofismo muscular del muslo

## **3.4 OPERACIONALIZACION DE LA VARIABLES**

Para una mejor descripción, se ha considerado un cuadro de definición operacional de las variables anteriormente mencionadas.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	TIPO DE VARIABLE	DIMENSIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	VALOR FINAL	INSTRUMENTO
Post-operados de ligamento cruzado anterior	Personas intervenidas quirúrgicamente mediante manipulación mecánica del ligamento cruzado anterior con fin terapéutico.	Cualitativa	Implante quirúrgico de autoinjerto	Revisión de la historia clínica del paciente	Diagnóstico médico	Ítem	Ficha de recolección
			Implante quirúrgico de aloinjerto	Revisión de la historia clínica del paciente	Diagnóstico médico	Ítem	Ficha de recolección
Fuerza muscular del cuádriceps	Capacidad del músculo para deformar un cuerpo o modificar la aceleración del mismo.	Cuantitativa	Fuerza dinámica	Estimación de la fuerza máxima a partir del número de repeticiones sin compensaciones, fatiga o dolor.	Estima la fuerza muscular en base al peso levantado y al número de repeticiones realizadas	(9-10)	Test de fuerza máxima
						(6-8)	
						(3-5)	
						(1-2)	
Trofismo muscular del muslo	Estado de nutrición que tiene un musculo	Cuantitativa	Diámetro muscular	Estimación del diámetro muscular mediante la antropometría	Estima el diámetro muscular del muslo	Centímetros	Mediciones antropométricas

### 3.5 INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

El instrumento de medición que se utilizará en este estudio, para la recolección de datos, será el test de fuerza máxima o también llamado el test de 1RM (resistencia máxima). Este test posee una mayor validez que los test isométricos e isocinéticos ya que su fiabilidad es alta, con un índice de confiabilidad (CCI) entre 0.92 a 0.98. El error estándar de medida (EEM) en maquinas, oscila entre 2% y 9,8%<sup>43</sup>.

La estimación del valor de 1RM será por medio de la ecuación de Brzycki, la misma que según el artículo de la Revista Brasileña de Medicina del Deporte, presenta una nula diferencia estadística significativa con el test de 1RM ( $p > 0.05$ ). Así también el valor del coeficiente de correlación encontrado fue extremadamente elevado ( $r=0.99$ )<sup>47</sup>.

La escala utilizada como referencia para los valores obtenidos en varones, está basada en los datos recopilados por Vivian Heyward, en 250 hombres y mujeres universitarios<sup>48</sup>.

Este instrumento ha sido aplicado de manera específica en el artículo "Predicting Maximal Strength of Quadriceps From Submaximal Performance in individuals With Knee Joint Osteoarthritis"<sup>49</sup>, para la valoración de la fuerza muscular de cuádriceps, por medio de la Ficha de valoración de fuerza muscular. ( Ver anexo N° 1)

### 3.6 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la ejecución del estudio se realizarán los trámites administrativos correspondientes, con la finalidad de obtener el permiso para la realización del estudio en el Centro Médico Naval "Cirujano Mayor Santiago Távara" Luego se realizarán las coordinaciones con el Servicio de Medicina física y Rehabilitación, de la mencionada institución, a fin de elaborar un cronograma de recolección de datos, según ellos se considerará que la aplicación individual del estudio, tendrá una duración de aproximadamente 15 minutos, siendo ejecutado entre los meses de Octubre y diciembre del año 2015.

Posterior a ello se procederá a la evaluación de pacientes que lleguen al servicio de Medicina Física y rehabilitación con diagnóstico de post operado de ligamento cruzado anterior. Después de ello, se realizará la respectiva lectura de la historia clínica o en caso no se cuente con ella, se leerá la ficha de evaluación médica, para luego proseguir con la anamnesis; de esta manera se podrá establecer si los pacientes muestran algún criterio de exclusión que les impida participar del estudio.

Luego de realizar el procedimiento de exclusión, se evaluará si los pacientes cumplen con los criterios de inclusión. Una vez concluida esta etapa se les presentará y explicará el proyecto con la consiguiente entrega del consentimiento informado.

Una vez que el paciente haya sido informado con el propósito, objetivos, beneficios y condiciones del estudio, se iniciará la realización del test de fuerza máxima. Para ello, se solicitará a los pacientes hacer un previo calentamiento con aproximadamente 8 a 10 repeticiones de extensión de rodilla. Después de descansar 3 minutos, se le colocará una resistencia equivalente al 60% de la fuerza máxima establecida para el paciente y se iniciará la prueba; esta consiste en realizar 10 repeticiones de extensión de rodilla en la máquina de cuádriceps. Gradualmente se incrementará la resistencia hasta observar la presencia de compensaciones, fatiga o fasciculaciones. Una vez detallada la cantidad de peso levantado, así como el número de repeticiones realizadas, se procederá a la estimación del valor de la fuerza muscular del cuádriceps en base a la fórmula de Brzycki.

El procedimiento para la obtención del valor de la fuerza muscular se realizará en dos momentos. La primera valoración se realizará cuando el paciente va a iniciar el plan de fortalecimiento del cuádriceps, propuesto por el Servicio de Medicina Física y rehabilitación y la segunda medición se realizará tres meses después de haber iniciado el plan de fortalecimiento.

### **3.7 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTOS Y ANÁLISIS DE DATOS**

La técnica que se utilizará para obtener la información de los participantes en el estudio será la observación. La misma que será estructurada, pues se realizará de manera directa con el grupo de estudio e individual. Una vez obtenido los datos, estos serán establecidos en base a una escala de medición.

El análisis que se va a realizar es no paramétrico ya que las dos variables de la investigación son medidas en dos niveles diferentes.

Se utilizarán los Rangos de Wilcoxon; para evaluar hipótesis acerca de la relación entre dos variables categóricas. Se calculará por medio de tablas de contingencia o tabulación cruzada, donde cada variable será subdividida en dos o más categorías.

### **3.8 CONSIDERACIONES ETICAS**

Para la realización de este estudio se tendrá en consideración la autorización de la institución y el consentimiento informado de los pacientes del Centro Médico Naval (Anexo N°

## IV ANALISIS ESTADISTICO

### 4.1 PRESENTACION Y ANÁLISIS DE DATOS

#### 4.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

##### EDAD DE LA MUESTRA

Tabla N° 1: Edad promedio de la muestra

CARACTERÍSTICAS DE LA EDAD	
Muestra	20
Media	32,85
Desviación estándar	6,54
Edad Mínima	22
Edad Máxima	50

Fuente: Elaboración Propia

La muestra, formada por 20 en pacientes del sexo masculino, post operados del ligamento cruzado anterior que fueron evaluados respecto a la recuperación de la fuerza muscular del cuádriceps, presentaron una edad promedio de 32,85 años, una desviación estándar de 6,54 años y un rango de edad que iba de 22 a 50 años.

#### DISTRIBUCIÓN POR EDADES DE LA MUESTRA

Tabla N° 2: Distribución por edades de la muestra

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
de 20 a 29 años	7	35,0	35,0
de 30 a 39 años	11	55,0	90,0
de 40 a 50 años	2	10,0	100,0
Total	20	100,0	

Fuente: Elaboración Propia

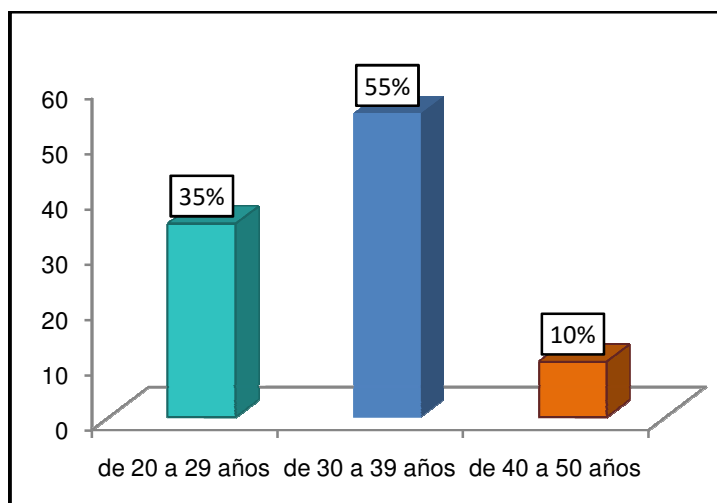


Figura N° 1: Distribución por edades de la muestra

La tabla N° 2 presenta la distribución de la muestra por edades. 7 pacientes tenían entre 20 y 29 años; 11 pacientes tenían entre 30 y 39 años y 2 pacientes tenían entre 40 y 50 años de edad. La mayor parte de la muestra tenía entre 30 y 39 años. Los porcentajes correspondientes se presentan en la figura N° 1.

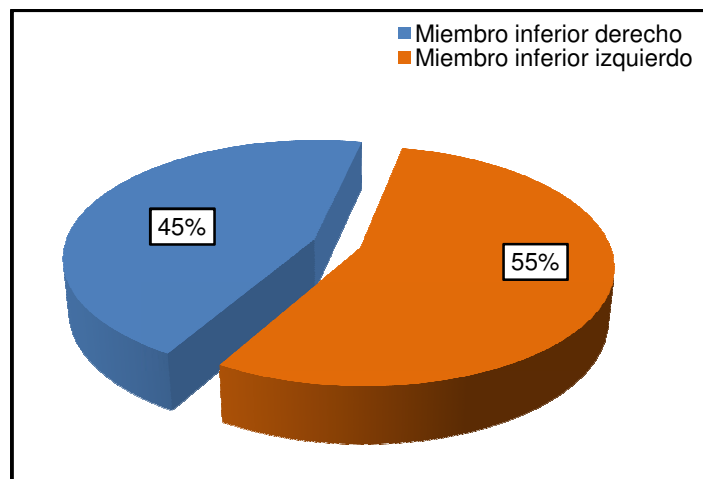
## DISTRIBUCIÓN POR MIEMBRO INFERIOR OPERADO

Tabla N° 3: Distribución por miembro operado

		FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
Miembro derecho	inferior	9	45,0	45,0
Miembro izquierdo	inferior	11	55,0	100,0
Total		20	100,0	

Fuente: Elaboración Propia





**Figura N° 2:** Distribución por miembro operado

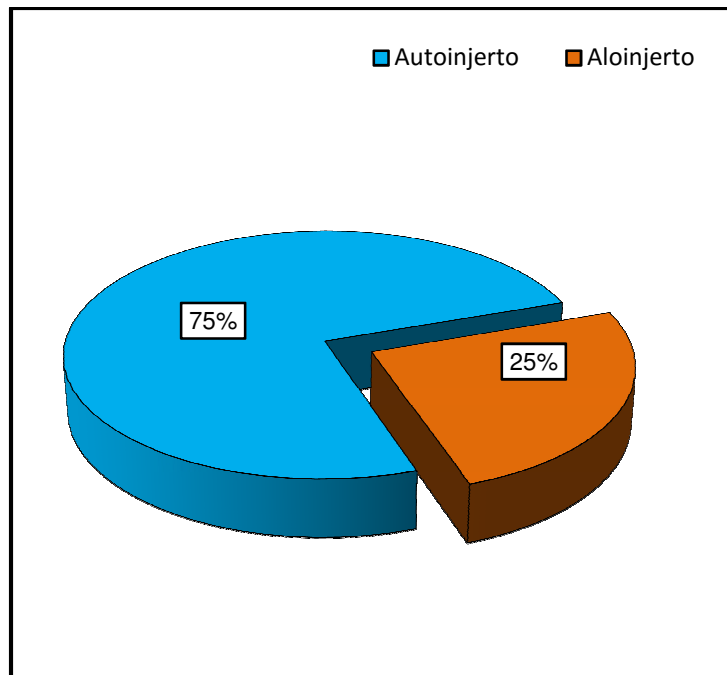
En la tabla N° 3 se presenta la distribución de la muestra por miembro inferior operado. 9 pacientes tenían la operación quirúrgica en el miembro inferior derecho y 11 pacientes tenían la operación quirúrgica en el miembro inferior izquierdo. Se observa que la mayor parte de la muestra había sido operada del miembro inferior izquierdo. Los porcentajes correspondientes se presentan en la figura N° 2.

### **DISTRIBUCIÓN POR IMPLANTE QUIRÚRGICO DE LA MUESTRA**

**Tabla N° 4:** Distribución por tipo de implante quirúrgico

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
Autoinjerto	15	75,0	75,0
Alloinjerto	5	25,0	100,0
Total	20	100,0	

Fuente: Elaboración Propia



**Figura N° 3:**Distribución por tipo de implante quirúrgico

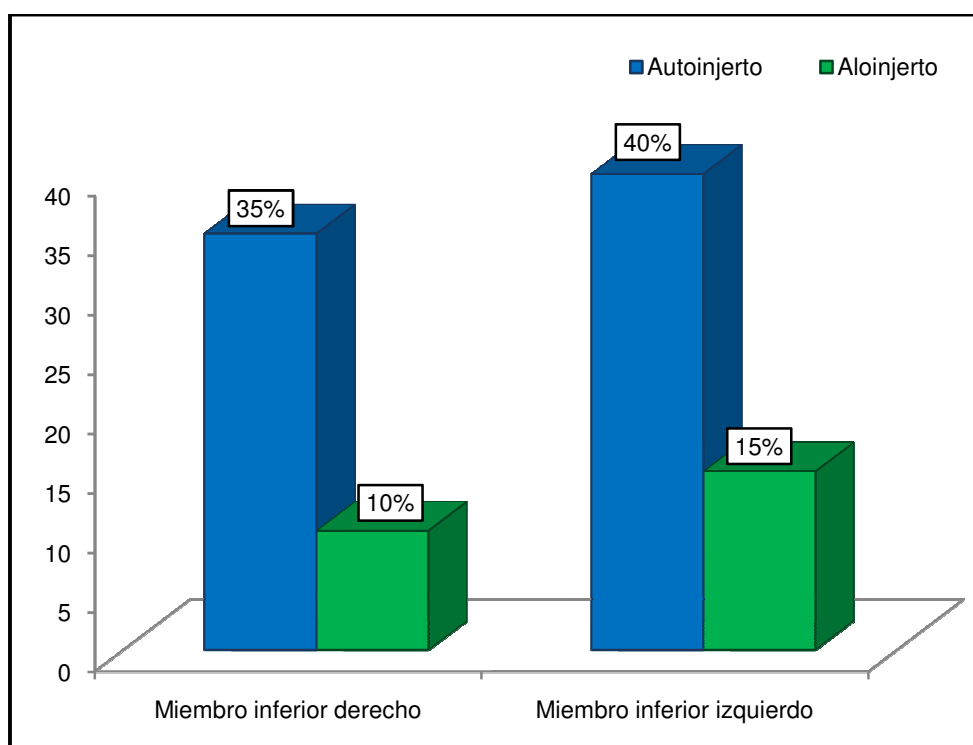
En la tabla N° 4 se presenta la distribución de la muestra por tipo de injerto quirúrgico. 15 pacientes presentaban la operación quirúrgica de autoinjerto y 5 pacientes presentaban la operación quirúrgica de aloinjerto. Se observa que la mayor parte de los pacientes tenían la operación quirúrgica de autoinjerto. Los porcentajes correspondientes se presentan en la figura N° 3.

### DISTRIBUCIÓN POR IMPLANTE QUIRÚRGICO Y MIEMBRO OPERADO

**Tabla N° 5:** Distribución por tipo de implante y miembro operado

	TIPO DE INJERTO		TOTAL
	AUTOINJERTO	ALOINJERTO	
Miembro inferior derecho	7	2	9
Miembro inferior izquierdo	8	3	11
Total	15	5	20

Fuente: Elaboración Propia



**Figura N° 4:** Distribución por tipo de implante y miembro operado

En la tabla N° 5 se presenta la distribución de la muestra por tipo de injerto quirúrgico y miembro operado. En los pacientes que tenían una operación quirúrgica de autoinjerto 7 habían sido operados del miembro inferior derecho y 8 habían sido operados del miembro inferior izquierdo. De los que tenían una operación quirúrgica de aloinjerto 2 habían sido operados del miembro inferior derecho y 3 del miembro inferior izquierdo. Se puede observar que la mayor parte de la muestra había sido operada de la pierna izquierda. Los porcentajes correspondientes se muestran en la figura N° 4.

#### 4.1.2 EVALUACION DEL TROFISMO MUSCULAR DEL CUÁDRICEPS

##### TROFISMO MUSCULAR PROMEDIO DE LA MUESTRA, LUEGO DE LA OPERACIÓN Y DESPUÉS DE 3 MESES, POR IMPLANTE QUIRÚRGICO Y MIEMBRO OPERADO

**Tabla N°6:**Trofismo muscular promedio por tipo de implante

	LUEGO DE LA OPERACIÓN			DESPUÉS DE 3 MESES		
	Diámetro Superior (cm)	Diámetro Medio (cm)	Diámetro Inferior (cm)	Diámetro Superior (cm)	Diámetro Medio (cm)	Diámetro Inferior (cm)
<b>Autoinjerto</b>						
Media	60,80	52,33	44,13	63,77	55,47	46,47
Desviación estándar	± 3,71	± 2,92	± 3,38	± 3,68	± 3,16	± 3,29
Mínimo	55	48	40	59	51	42
Máximo	70	60	52	73	64	55
<b>Alloinjerto</b>						
Media	59,00	49,60	41,60	62,60	51,00	46,20
Desviación estándar	± 5,66	± 3,36	± 4,16	± 5,41	± 6,67	± 4,21
Mínimo	53	46	38	58	41	42
Máximo	65	54	48	69	58	53

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 6 se presentan los resultados promedios, del trofismo muscular por implante quirúrgico de la muestra, luego de la operación y después de tres meses. Los que habían sido operados con implante quirúrgico de Autoinjerto, presentaron un diámetro superior de 60,80 cm; un diámetro medio de 52,33 cm y un diámetro inferior de 44,13 cm. Los que habían sido operados con implante quirúrgico de Alloinjerto, presentaron un diámetro superior de 59,00 cm; un diámetro medio de 49,60 cm y un diámetro inferior de 41,60 cm. Después de tres meses, los que habían sido operados con implante quirúrgico de Autoinjerto, presentaron un diámetro superior de 63,77 cm; un diámetro medio de 55,47 cm y un diámetro inferior de 46,47 cm. Los que habían sido

operados con implante quirúrgico de Aloinjerto, presentaron un diámetro superior de 62,60 cm; un diámetro medio de 51,00 cm y un diámetro inferior de 46,20 cm.

### **TROFISMO MUSCULAR PROMEDIO DE LA MUESTRA POR TIPO DE INJERTO, EN MIEMBRO OPERADO Y NO OPERADO**

**Tabla N° 7:**Trofismo muscular de la muestra por miembro operado y no operado

Descripción diametral	Miembro operado	Miembro no operado	Diferencia	Diferencia (%)	Rangos de Wilcoxon	
					p valor	Conclusión
<b>Autoinjerto</b>						
Diámetro Superior	60,80	62,67	-1,87	2,98%	0,001	Sig.
Diámetro Medio	52,33	54,40	-2,07	3,80%	0,001	Sig.
Diámetro Inferior	44,13	46,20	-2,07	4,48%	0,001	Sig.
<b>Aloinjerto</b>						
Diámetro Superior	59,00	61,40	-2,40	3,91%	0,000	Sig.
Diámetro Medio	49,60	52,40	-2,80	5,34%	0,000	Sig.
Diámetro Inferior	41,60	44,40	-2,80	6,31%	0,000	Sig.

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 7 se presentan los resultados promedios, del trofismo muscular de la muestra, por tipo de injerto, en el miembro inferior operado y el miembro inferior no operado. Los que fueron operados con Autoinjerto, en el miembro inferior operado se encontró un diámetro superior promedio de 60,80 cm; un diámetro medio de 52,33 cm y un diámetro inferior de 44,13 cm. En el miembro inferior no operado se encontró un diámetro superior promedio de 62,67 cm; un diámetro medio de 54,40 cm y un diámetro inferior de 46,20 cm. Los que fueron operados con Aloinjerto, en el miembro inferior operado se encontró un diámetro superior promedio de 59,00 cm; un diámetro medio de 49,60 cm y un diámetro inferior de 41,60 cm. En el miembro inferior no operado se

encontró un diámetro superior promedio de 61,40 cm; un diámetro medio de 52,40 cm y un diámetro inferior de 44,40 cm. Las diferencias porcentuales, en los operados con Autoinjerto, fueron del 2,98% en el diámetro superior, del 3,80% en el diámetro medio y del 4,48% en el diámetro inferior. Las diferencias porcentuales, en los operados con Aloinjerto, fueron del 3,91% en el diámetro superior, del 5,34% en el diámetro medio y del 6,31% en el diámetro inferior. Asimismo, se presentan los resultados obtenidos, mediante la prueba W de Wilcoxon, para establecer las diferencias del trofismo muscular del miembro operado y la fuerza muscular del miembro no operado. En los operados con autoinjerto, existen diferencias significativas en el diámetro superior ( $p=0,001 < 0,05$ ), en el diámetro medio ( $p=0,001 < 0,05$ ) y en el diámetro inferior ( $p=0,001 < 0,05$ ). En los operados con aloinjerto, existen diferencias significativas en el diámetro superior ( $p=0,000 < 0,05$ ), en el diámetro medio ( $p=0,000 < 0,05$ ) y en el diámetro inferior ( $p=0,000 < 0,05$ ).

**TROFISMO MUSCULAR PROMEDIO DE LA MUESTRA POR TIPO DE INJERTO, DESPUÉS DE TRES MESES DE LA OPERACIÓN, EN MIEMBRO OPERADO Y NO OPERADO**

**Tabla N° 8:** Trofismo muscular de la muestra por miembro operado y no operado

Descripción diametral	Miembro operado	Miembro no operado	Diferencia	Diferencia (%)	Rangos de Wilcoxon	
					p valor	Conclusión
<b>Autoinjerto</b>						
Diámetro Superior	63,77	64,47	-0,70	1,08%	0,267	No sig.
Diámetro Medio	55,47	56,80	-1,33	1,81%	0,072	No sig.
Diámetro Inferior	46,47	47,87	-1,40	2,92%	0,034	Sig.
<b>Aloinjerto</b>						
Diámetro Superior	62,60	63,60	-1,00	1,57%	0,094	No sig.
Diámetro Medio	53,00	54,40	-1,40	2,57%	0,000	No sig.
Diámetro Inferior	45,40	46,80	-1,40	2,99%	0,224	Sig.

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 8 se presentan los resultados promedios, del trofismo muscular de la muestra, por tipo de injerto, en el miembro inferior operado y el miembro inferior no operado después de tres meses. Los que fueron operados con Autoinjerto, en el miembro inferior operado se encontró un diámetro superior promedio de 63,77 cm; un diámetro medio de 55,47 cm y un diámetro inferior de 46,47 cm. En el miembro inferior no operado se encontró un diámetro superior promedio de 64,47 cm; un diámetro medio de 56,80 cm y un diámetro inferior de 47,87 cm. Los que fueron operados con Aloinjerto, en el miembro inferior operado se encontró un diámetro superior promedio de 62,60 cm; un diámetro medio de 51,00 cm y un diámetro inferior de 46,20 cm. En el miembro inferior no operado se encontró un diámetro superior promedio de 63,60 cm; un diámetro medio de 54,40 cm y un diámetro inferior de 46,80 cm. Las diferencias porcentuales, en los operados con Autoinjerto, fueron del 1,08% en el diámetro superior, del 1,81% en el diámetro medio y del 2,92% en el diámetro inferior. Las diferencias porcentuales, en los operados con Aloinjerto, fueron del 1,57% en el diámetro superior, del 2,57% en el diámetro medio y del 1,28% en el diámetro inferior. Asimismo, se presentan los resultados obtenidos, mediante la prueba W de Wilcoxon, para establecer las diferencias del trofismo muscular del miembro operado y la fuerza muscular del miembro no operado. En los operados con autoinjerto, existen diferencias significativas en el diámetro superior ( $p=0,267>0,05$ ), en el diámetro medio ( $p=0,072>0,05$ ) y en el diámetro inferior ( $p=0,034<0,05$ ). En los operados con aloinjerto, existen diferencias significativas en el diámetro superior ( $p=0,094<0,05$ ), en el diámetro medio no existen diferencias ( $p=0,000<0,05$ ) y en el diámetro inferior no existen diferencias ( $p=0,224>0,05$ ).

#### **4.1.3 EVALUACION DE LA FUERZA MUSCULAR DEL CUÁDRICEPS**

##### **FUERZA MUSCULAR PROMEDIO POR IMPLANTE QUIRÚRGICO Y MIEMBRO OPERADO**

**Tabla N°9:**Fuerza muscular promedio por tipo de implante

	Intentos	Peso	Repeticiones	Masa	1RM/kg.
<b>Autoinjerto</b>					
Media	4,60	7,20	7,47	76,43	0,376
Desviación estándar	± 0,63	± 0,67	± 1,51	± 9,76	± 0,173
Mínimo	4	6,00	5	64	0,303
Máximo	6	8,75	9	100	0,448
<b>Aloinjerto</b>					
Media	4,40	6,95	6,80	74,00	0,374
Desviación estándar	± 0,80	± 0,78	± 1,33	± 6,32	± 0,005
Mínimo	3	5,75	5	65	0,344
Máximo	5	8,00	9	81	0,441

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 9 se presentan los resultados promedios, de la fuerza muscular dinámica máxima promedio por implante quirúrgico, de la muestra. Los que habían sido operados con implante quirúrgico de Autoinjerto presentaron una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,376 1RM/kg, luego de realizar 5 intentos, levantar un peso de 7,200 kg, en 7 repeticiones y presentaron una masa de 76,43. Los que habían sido operados con implante quirúrgico de Aloinjerto, presentaron una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,374 1RM/kg, luego de realizar 4 intentos, levantar un peso de 6,950 kg, en 7 repeticiones y presentaron una masa corporal de 74,00.

#### **FUERZA MUSCULAR PROMEDIO POR IMPLANTE QUIRÚRGICO Y MIEMBRO OPERADO DESPUÉS DE 3 MESES**



**Tabla N°10:** Fuerza muscular promedio por tipo de implante después de tres meses

	Intentos	Peso	Repeticiones	Masa	1RM/kg.
<b>Autoinjerto</b>					
Media	8,40	11,43	6,80	76,43	0,597
Desviación estándar	± 0,49	± 0,91	± 1,38	± 9,42	± 0,260
Mínimo	8	10,00	4	64	0,556
Máximo	9	13,50	9	100	0,668
<b>Aloinjerto</b>					
Media	8,60	11,40	7,00	74,00	0,579
Desviación estándar	± 0,49	± 0,73	± 1,67	± 6,32	± 0,031
Mínimo	8	10,00	5	65	0,588
Máximo	9	12,00	9	85	0,662

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 10 se presentan los resultados promedios, de la fuerza muscular dinámica máxima promedio por implante quirúrgico, de la muestra después de tres meses de la operación. Los que habían sido operados con implante quirúrgico de Autoinjerto presentaron una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,597 1RM/kg, luego de realizar 8 intentos, levantar un peso de 11, 430 kg, en 7 repeticiones y presentaron una masa de 76,430. Los que habían sido operados con implante quirúrgico de Aloinjerto, presentaron una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,619 1RM/kg, luego de realizar 9 intentos, levantar un peso de 11,400 kg, en 7 repeticiones y presentaron una masa corporal de 74,000.

**FUERZA MUSCULAR DINÁMICA MÁXIMA PROMEDIO POR IMPLANTE QUIRÚRGICO LUEGO DE LA OPERACIÓN Y DESPUÉS DE 3 MESES**

	DESPUÉS DE LA OPERACIÓN		DESPUÉS DE 3 MESES	
	Autoinjerto	Aloinjerto	Autoinjerto	Aloinjerto
Muestra	15	5	15	5
Media	0,376	0,374	0,597	0,579
Desviación estándar	$\pm 0,173$	$\pm 0,005$	$\pm 0,260$	$\pm 0,031$
Mínima	0,303	0,344	0,556	0,588
Máxima	0,448	0,441	0,668	0,662

**Tabla N° 11:**Fuerza muscular dinámica máxima por tipo de implante

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 11 se presentan los resultados promedios, de la fuerza muscular dinámica máxima promedio por implante quirúrgico, de la muestra. Los que habían sido operados con implante quirúrgico de Autoinjerto presentaron una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,376 1RM/kg, con una desviación estándar de  $\pm 0,173$  1RM/kg, siendo la fuerza muscular dinámica mínima de 0,303 1RM/kg y la máxima de 0,448 1RM/kg. Los que habían sido operados con implante quirúrgico de Aloinjerto presentaron una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,374 1RM/kg, con una desviación estándar de  $\pm 0,005$  1RM/kg, siendo la fuerza muscular dinámica mínima de 0,344 1RM/kg y la máxima de  $\pm 0,441$  1RM/kg. Después de tres meses, los que habían sido operados con implante quirúrgico de Autoinjerto presentaron una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,597 1RM/kg, con una desviación estándar de  $\pm 0,260$  1RM/kg, siendo la fuerza muscular dinámica mínima de 0,556 1RM/kg y la máxima de 0,668 1RM/kg. los que habían sido operados con implante quirúrgico de Aloinjerto presentaron una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,619 1RM/kg, con una desviación estándar de  $\pm 0,031$  1RM/kg, siendo la fuerza muscular dinámica mínima de 0,588 1RM/kg y la máxima de 0,662 1RM/kg.

## DIFERENCIA DE FUERZA MUSCULAR PROMEDIO POR IMPLANTE QUIRÚRGICO Y MIEMBRO NO OPERADO DESPUÉS DE LA OPERACIÓN

**Tabla N°12:** Diferencia de la fuerza muscular por tipo de implante y miembro operado y no operado luego de la operación

	Miembro Operado	Miembro no Operado	Diferencia (%)	Rangos de Wilcoxon	
				p valor	Conclusión
<b>Autoinjerto</b> Media	0,376 1RM/kg	0,651 1RM/kg	42,2%	0,000	Sig.
<b>Alloinjerto</b> Media	0,374 1RM/kg	0,671 1RM/kg	44,2%	0,000	Sig.

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 12 se presentan los resultados promedios, de la fuerza muscular dinámica máxima por implante quirúrgico, de la muestra en el miembro operado y no operado después de tres meses. Los que habían sido operados con implante quirúrgico de Autoinjerto presentaron una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,376 1RM/kg, y en el miembro no operado una fuerza muscular de 0,651 1RM/kg. Los que habían sido operados con implante quirúrgico de Alloinjerto presentaron una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,374 1RM/kg y en el miembro no operado una fuerza muscular de 0,671 RM/kg. Asimismo, se presentan los resultados obtenidos, mediante la prueba W de Wilcoxon, para establecer las diferencias entre la fuerza muscular del miembro operado y la fuerza muscular del miembro no operado. Se observa que existen diferencias significativas ( $p=0,000<0,05$ ) en la fuerza muscular de los pacientes operados con autoinjerto. Al comparar la fuerza muscular del miembro operado y la fuerza muscular del miembro no operado en los pacientes operados con alloinjerto se encontró diferencias significativas ( $p=0,000<0,05$ ).

## DIFERENCIA DE FUERZA MUSCULAR PROMEDIO POR IMPLANTE QUIRÚRGICO Y MIEMBRO NO OPERADO DESPUÉS DE 3 MESES

**Tabla N°13:** Diferencia de la fuerza muscular por tipo de implante y miembro operado y no operado

	Miembro Operado	Miembro no Operado	Diferencia (%)	Rangos de Wilcoxon	
				<i>p</i> valor	Conclusión
<b>Autoinjerto</b> Media	0,5971RM/kg	0,703 1RM/kg	15,07%	0,009	No sig.
<b>Alloinjerto</b> Media	0,579 1RM/kg	0,705 1RM/kg	17,8%	0,086	No sig.

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 13 se presentan los resultados promedios, de la fuerza muscular dinámica máxima por implante quirúrgico, de la muestra en el miembro operado y no operado después de tres meses. Los que habían sido operados con implante quirúrgico de Autoinjerto presentaron una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,597 1RM/kg, y en el miembro no operado una fuerza muscular de 0,7031RM/kg. Los que habían sido operados con implante quirúrgico de Alloinjerto presentaron una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,619 1RM/kg y en el miembro no operado una fuerza muscular de 0,705 RM/kg. Asimismo, se presentan los resultados obtenidos, mediante la prueba W de Wilcoxon, para establecer las diferencias entre la fuerza muscular del miembro operado y la fuerza muscular del miembro no operado. Se observa que existen diferencias no significativas ( $p=0,001 < 0,05$ ) en la fuerza muscular de los pacientes operados con autoinjerto. Al comparar la fuerza muscular del miembro operado y la fuerza muscular del miembro no operado en los pacientes operados con alloinjerto no se encontró diferencias significativas ( $p=0,086 > 0,05$ ).

## FUERZA MUSCULAR PROMEDIO DE LA MUESTRA EN MIEMBRO OPERADO DESPUÉS DE LA OPERACIÓN

**Tabla N° 14:** Fuerza muscular promedio en miembro operado

	Intentos	Peso	Repeticiones	Masa	1RM/kg.
Media	4,6	7,138	7,3	75,825	0,376
Desviación estándar	± 0,69	± 0,713	± 1,5	± 9,046	± 0,034
Mínimo	3	5,75	5	64	0,303
Máximo	6	8,75	9	100	0,447

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 14 se presentan los resultados promedios, de la fuerza muscular dinámica máxima promedio de la muestra luego de la operación. La muestra obtuvo una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,376 1RM/kg, luego de realizar 5 intentos, levantar un peso de 7,138 kg, en 7 repeticiones y presentar una masa corporal de 75,825.

#### **FUERZA MUSCULAR PROMEDIO DE LA MUESTRA EN MIEMBRO OPERADO DESPUÉS DE TRES MESES**

**Tabla N° 15:** Fuerza muscular promedio en miembro operado

	Intentos	Peso	Repeticiones	Masa	1RM/kg.
Media	8,4	11,430	6,8	75,830	0,603
Desviación estándar	± 0,50	± 0,870	± 1,5	± 8,820	± 0,033
Mínimo	8	10,0	4	64	0,560
Máximo	9	13,50	9	100	0,670

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 15 se presentan los resultados promedios, de la fuerza muscular dinámica máxima promedio de la muestra después de tres meses. La muestra obtuvo una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,603 1RM/kg, luego de realizar 8 intentos, levantar un peso de 11,430 kg, en 7 repeticiones y presentar una masa corporal de 75,830.

## DIFERENCIA DE LA FUERZA MUSCULAR PROMEDIO DE LA MUESTRA EN MIEMBRO OPERADO DESPUÉS DE TRES MESES

**Tabla N° 16:** Diferencia muscular en miembro operado después de tres meses

Miembro Operado	Miembro Operado después de tres meses	Diferencia (%)	Rangos de Wilcoxon	
			<i>p</i> valor	Conclusión
0,376 1RM/kg	0,603 1RM/kg	37,5%	0,001	Sig.

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 16 se presentan los resultados promedios, de la fuerza muscular dinámica máxima de la muestra en el miembro operado después de tres meses. Luego de la operación el promedio de la fuerza muscular dinámica máxima fue de 0,376 1RM/kg y una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,603 1RM/kg después de tres meses de efectuada la operación. Asimismo, se presentan los resultados obtenidos, mediante la prueba W de Wilcoxon, para establecer las diferencias entre la fuerza muscular luego de la operación y la fuerza muscular después de tres meses de realizada la operación. Se observa que existen diferencias significativas ( $p=0,001<0,05$ ), es decir que si existe una recuperación significativa de la fuerza muscular del cuádriceps en los pacientes post operados de ligamento cruzado anterior en el lapsus de tres meses.

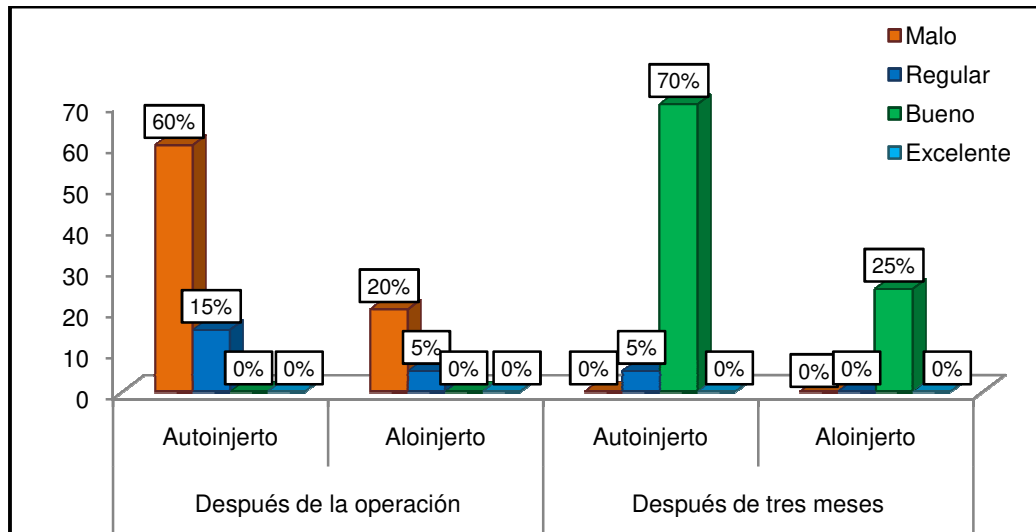
### 4.1.4 FUERZA MUSCULAR CATEGORIZADA DEL CUÁDRICEPS

#### FUERZA MUSCULAR CATEGORIZADA POR IMPLANTE QUIRÚRGICO Y MIEMBRO OPERADO LUEGO DE LA OPERACIÓN Y DESPUÉS DE TRES MESES

	Después de la operación		Después de tres meses	
	Autoinjerto	Alloinjerto	Autoinjerto	Alloinjerto
Malo	12	4	0	0
Regular	3	1	1	0
Bueno	0	0	14	5
Excelente	0	0	0	0
Total	15	5	15	5

**Tabla N°17:** Fuerza muscular categorizada por tipo de implante

Fuente: Elaboración Propia



**Figura N° 5:** Fuerza muscular categorizada por tipo de implante

En la Tabla N° 17 se presentan los resultados de la fuerza muscular, categorizada, de la muestra por implante quirúrgico luego de la operación y después de tres meses. De los que habían sido operados con implante quirúrgico de Autoinjerto, 12 presentaron una fuerza muscular mala, 3 presentó una fuerza muscular regular y ninguno presentó una fuerza muscular buena y excelente. De los que habían sido operados con implante quirúrgico de Aloinjerto, 4 presentaron una fuerza muscular mala, 1 presentó una fuerza muscular regular y ninguno presentó una fuerza muscular buena o excelente.

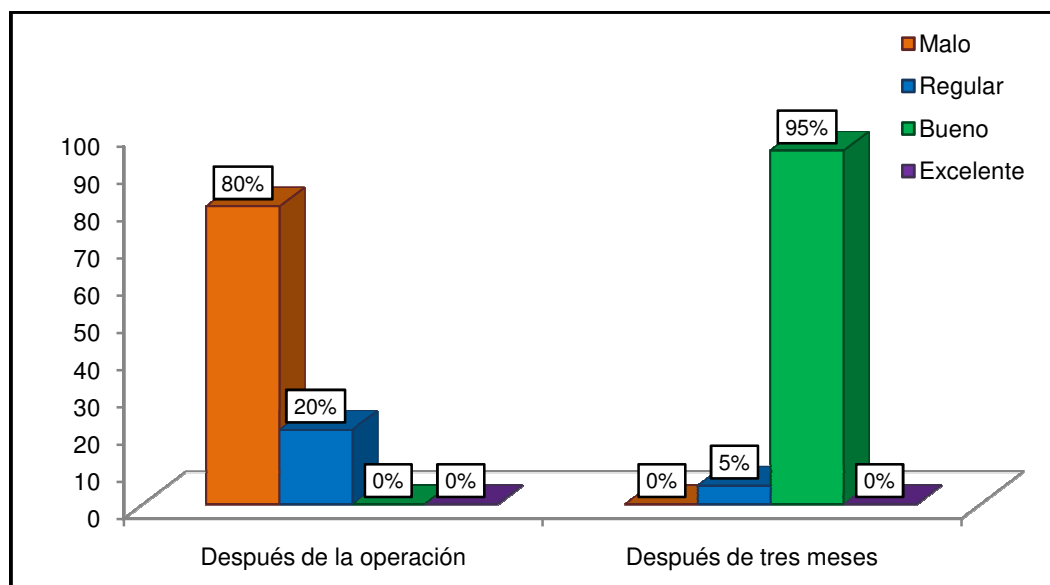
Después de tres meses de la operación, de los que habían sido operados con implante quirúrgico de Autoinjerto, ninguno presentó una fuerza muscular mala, 1 presentó una fuerza muscular regular, 14 presentaron una fuerza muscular buena y ninguno presentó una fuerza muscular excelente. De los que habían sido operados con implante quirúrgico de Aloinjerto, ninguno presentó una fuerza muscular mala o regular, 5 presentaron una fuerza muscular buena y ninguno presentó una fuerza muscular excelente. Los porcentajes se muestran en la figura N° 5.

## EVALUACIÓN DE LA FUERZA MUSCULAR CATEGORIZADA DE LA MUESTRA EN MIEMBRO OPERADO LUEGO DE LA OPERACIÓN Y DESPUÉS DE TRES MESES

**Tabla N°18:** Fuerza muscular categorizada de la muestra

	Después de la operación		Después de tres meses	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Malo	16	80,0	0	0,0
Regular	4	20,0	1	5,0
Bueno	0	0,0	19	95,0
Excelente	0	0,0	0	0,0
Total	20	100,0	20	100,0

Fuente: Elaboración Propia



**Figura N° 6:** Fuerza muscular categorizada de la muestra

En la Tabla N° 18 se presentan los resultados categorizados, de la fuerza muscular de la muestra luego de la operación y después de tres meses. Luego de la operación, 16 presentaron una fuerza muscular mala, 4 presentaron una fuerza muscular regular y ninguno presento una fuerza muscular buena o excelente. Después de tres meses, ninguno presentó una fuerza muscular mala, 1 presentó una fuerza muscular regular, 19



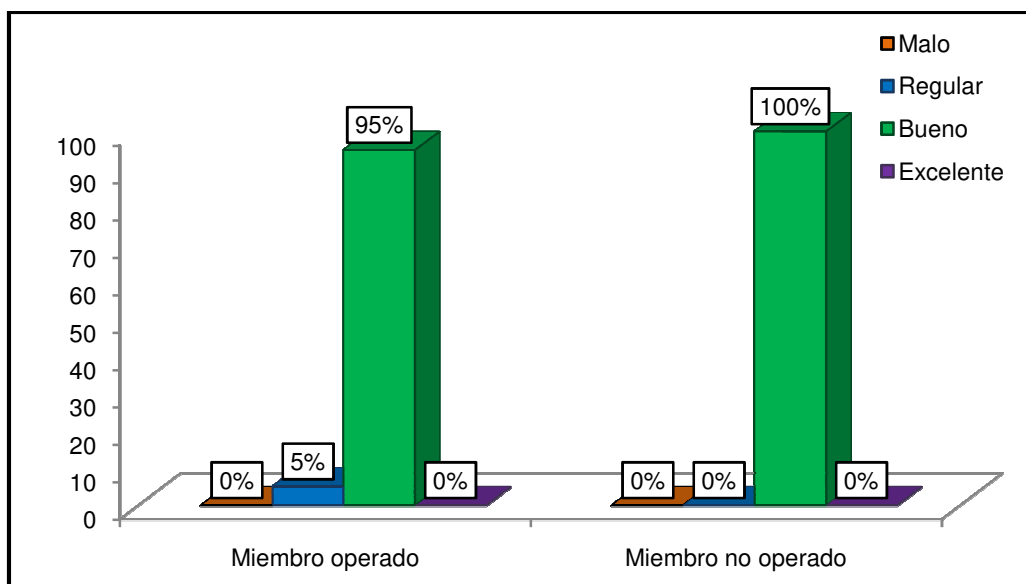
presentaron una fuerza muscular buena y ninguno presentó una fuerza muscular excelente. Los porcentajes correspondientes se muestran en la figura N° 6.

### EVALUACIÓN DE LA FUERZA MUSCULAR CATEGORIZADA DE LA MUESTRA EN MIEMBRO OPERADO Y NO OPERADO DESPUÉS DE TRES MESES.

**Tabla N°19:**Fuerza muscular categorizada por miembro operado y no operado

	FUERZA MUSCULAR	
	MIEMBRO OPERADO	MIEMBRO NO OPERADO
Malo	0	0
Regular	1	0
Bueno	19	20
Excelente	0	0
Total	20	20

Fuente: Elaboración Propia



**Figura N° 7:**Fuerza muscular categorizada por miembro operado y no operado

En la Tabla N° 19 se presentan los resultados categorizados, de la fuerza muscular de la muestra, en el miembro operado y no operado después de tres meses. De los que habían sido operados, ninguno presento un fuerza muscular mala, 1 presentó una fuerza muscular regular, 19 presentaron una fuerza muscular buena y ninguno o excelente. Mientras que en el miembro no operado todos presentaron una fuerza muscular buena. Los porcentajes correspondientes se muestran en la figura N° 7.

## PRUEBA DE LA HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

- a. Existe recuperación de fuerza muscular de cuádriceps en pacientes post operados del ligamento cruzado anterior, en un plazo de tres meses.
1. **Ho: NO** existe recuperación de la fuerza muscular de cuádriceps en pacientes post operados del ligamento cruzado anterior en un plazo de tres meses.
2. **Ha: SI** existe recuperación de la fuerza muscular de cuádriceps en pacientes post operados del ligamento cruzado anterior en un plazo de tres meses.
3. **Nivel de significancia:**  $\alpha = 5\% \approx 0,05$
4. Prueba Estadística: Rangos de Wilcoxon

**Tabla N° 20:** Rangos de Wilcoxon

	Fuerza muscular luego de la operación – Fuerza muscular después de tres meses
Z	-3,920 <sup>b</sup>
Sig. asintótica. (bilateral)	0,000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

5. En la tabla N° 20 se observa que el valor de W de Wilcoxon calculado es  $W = -3,920$  con un nivel de significancia de  $p = 0,000$  ( $p$  valor), el cual es menor al nivel de significancia esperado  $\alpha = 0,05$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna, es decir: **SI** existe recuperación de la fuerza muscular de cuádriceps en pacientes post operados del ligamento cruzado anterior después de tres meses.

## PRUEBA DE LA HIPÓTESIS ESPECIFICA H1

b. Existe recuperación de la fuerza muscular de cuádriceps en pacientes post operados del ligamento cruzado anterior con implante de autoinjerto, en un plazo de tres meses.

1. **Ho: No** Existe recuperación de la fuerza muscular de cuádriceps en pacientes post operados del ligamento cruzado anterior con implante de autoinjerto, en una plazo de tres meses.

2. **Ha: SI** Existe recuperación de la fuerza muscular de cuádriceps en pacientes post operados del ligamento cruzado anterior con implante de autoinjerto, en un plazo de tres meses.

3. **Nivel de significancia:**  $\alpha = 5\% \approx 0,05$

4. Prueba Estadística: Rangos de Wilcoxon

**Tabla N° 21:** Rangos de Wilcoxon

	Fuerza muscular luego de la operación – Fuerza muscular después de tres meses
Z	-3,408 <sup>b</sup>
Sig. asintótica. (bilateral)	<b>0,001</b>

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

5. En la tabla N° 21 se observa que el valor de W de Wilcoxon calculado es  $W = -3,408$  con un nivel de significancia de  $p = 0,001$  ( $p$  valor), el cual es menor al nivel de significancia esperado  $\alpha = 0,05$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna, es decir: **SI** Existe recuperación de la fuerza muscular de cuádriceps en pacientes post operados del ligamento cruzado anterior con implante de autoinjerto, después de tres meses.

## PRUEBA DE LA HIPÓTESIS ESPECIFICA H2

c. Existe recuperación de la fuerza muscular de cuádriceps en pacientes post operados del ligamento cruzado anterior con implante de aloinjerto, en un plazo de tres meses.

1. **Ho: NO** Existe recuperación de la fuerza muscular de cuádriceps en pacientes post operados del ligamento cruzado anterior con implante de aloinjerto, en un plazo de tres meses.

2. **Ha: SI** Existe recuperación de la fuerza muscular de cuádriceps en pacientes post operados del ligamento cruzado anterior con implante de aloinjerto, en un plazo de tres meses.

3. **Nivel de significancia:**  $\alpha = 5\% \approx 0,05$

4. Prueba Estadística: Rangos de Wilcoxon

**Tabla N° 22:** Rangos de Wilcoxon

	Fuerza muscular luego de la operación – Fuerza muscular después de tres meses
Z	-2,023 <sup>b</sup>
Sig. asintótica. (bilateral)	<b>0,043</b>

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

5. En la tabla N° 22 se observa que el valor de W de Wilcoxon calculado es  $W = -2,023$  con un nivel de significancia de  $p = 0,043$  ( $p$  valor), el cual es menor al nivel de significancia esperado  $\alpha = 0,05$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna, es decir: **SI** Existe recuperación de la fuerza muscular de cuádriceps en pacientes post operados del ligamento cruzado anterior con implante de aloinjerto, después de tres meses.

### PRUEBA DE LA HIPÓTESIS ESPECIFICA H3

d. Existe un incremento del trofismo muscular de cuádriceps en pacientes post operados del ligamento cruzado anterior, en un plazo de tres meses.

1. **Ho: NO** Existe un incremento del trofismo muscular de cuádriceps en pacientes post operados del ligamento cruzado anterior, en un plazo de tres meses.

2. **Ha: SI** Existe un incremento del trofismo muscular de cuádriceps en pacientes post operados del ligamento cruzado anterior, en un plazo de tres meses.

3. **Nivel de significancia:**  $\alpha = 5\% \approx 0,05$

4. Prueba Estadística: Rangos de Wilcoxon

Tabla N° 23: Rangos de Wilcoxon

	Trofismo muscular luego de la operación – Trofismo muscular después de tres meses
Z	-2,089 <sup>b</sup>
Sig. asintótica. (bilateral)	<b>0,028</b>

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

5. En la tabla N° 23 se observa que el valor de W de Wilcoxon calculado es  $W = -2,089$  con un nivel de significancia de  $p = 0,028$  ( $p$  valor), el cual es menor al nivel de significancia esperado  $\alpha = 0,05$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna, es decir: **SI** Existe un incremento del trofismo muscular de cuádriceps en pacientes post operados del ligamento cruzado anterior, después de tres meses.

## 4.2 DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Una de las lesiones más frecuentes de la extremidad inferior es la ruptura del ligamento cruzado anterior. Tras la reconstrucción quirúrgica del ligamento, es evidente la alteración propioceptiva en la rodilla; así como también la variación en la condición muscular en las dimensiones de fuerza y diámetro. Daniel D. M. ;Faustegen J. P. y Stone M. L.<sup>50</sup>. mencionan que después de la reconstrucción del LCA se observa una debilidad prolongada del cuádriceps; este dato es confirmado por el estudio realizado por Olivera Cárdenas<sup>13</sup> en el año 2014.

En las entidades castrenses es frecuente encontrar la lesión del ligamento cruzado anterior, razón por la cual es importante que después de la realización de la cirugía, el procedimiento de la terapia física sea llevado de la manera correcta para que así los pacientes puedan realizar sus actividades de la vida diaria sin restricciones. Katherine Salazar Portugal<sup>12</sup> demostró que el 45% de los pacientes retorna a la actividad militar sin restricciones, el 35% de los pacientes retornaron con restricciones y el 20% quedaron inaptos para la vida militar. Andrés Esper<sup>1</sup> publica en su estudio que siguiendo un protocolo determinado de fortalecimiento muscular, el paciente recupera la fuerza a nivel pre lesional. Sánchez y C Fernandez<sup>7</sup> así como también Aguado LLorente<sup>10</sup> evidencian la efectividad que tiene el tratamiento de fisioterapia tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior.

Los resultados de esta investigación realizada a 20 personas post operadas de LCA, que han continuado el proceso de rehabilitación durante tres meses, en el Centro Médico Naval Cirujano Mayor Santiago Távara, demuestran que hay recuperación de la fuerza muscular del cuádriceps durante este periodo. Este resultado corrobora lo que ya ha sido puesto en evidencia por los estudios previos.

La edad de los pacientes evaluados oscilan entre 20 y 50 años, el 55% de este grupo está conformado por pacientes entre los 30 y 39 años; el 35% está conformado por pacientes entre 20 a 29 años y el 10% está conformado por los pacientes entre 40 a 49 años. (Tabla N° 2).

El estudio previo de Olivera Cárdenas evidencia que es el miembro izquierdo es el que se lesiona con mayor frecuencia<sup>13</sup>. El 55% de los pacientes se lesionó el miembro izquierdo en comparación del 45% que se lesionó el miembro derecho (Tabla N° 3).

Los implantes utilizados para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior son el autoinjerto y el aloinjerto, siendo el primero elegido con mayor frecuencia por los

cirujanos ya que existe un menor riesgo de infección al utilizarlo <sup>26</sup>. El 75% de los pacientes post operados de ligamento cruzado anterior que conforman la muestra poseen autoinjerto, mientras que el 25% de ellos poseen aloinjerto( Tabla N<sup>o</sup>4).

La investigación publicada por Rivera García<sup>9</sup>,muestra la diferencia del trofismo muscular entre el miembro operado con el no operado. La medida del diámetro muscular en la sexta semana post quirúrgica se realiza a 2, 8 y 13 cm sobre rótula, evidenciado una diferencia de 5cm, 2cm y 1 cm respectivamente. Después de 18 semanas de tratamiento fisioterapéutico, las nuevas medidas del diámetro muscular se diferenciaron en 1,5cm, 1cm y 1cm , a 2cm, 8cm y 13cm sobre rótula.

Este estudio corrobora lo anteriormente descrito con los resultados obtenidos, los cuales muestran diferencias significativas en los diámetros superior , medio e inferior, entre el miembro operado y el no operado. Al iniciar el tratamiento fisioterapéutico, los pacientes post operados de ligamento cruzado anterior con implante de autoinjerto presentaron diferencias significativas entre ambos miembros en sus diámetros superior, medio e inferior; siendo las diferencias de 2,98%, 3,80%, 4,48% respectivamente(Tabla N<sup>o</sup> 7). Tres meses después de iniciado el tratamiento fisioterapéutico, se realizó una nueva medición del trofismo muscular entre ambos miembros y se encontró diferencias no significativas de 1,08% y 1,81% en sus diámetros superior y medio; no obstante, se encontró una diferencia significativa de 2,92% en el diámetro inferior. En el grupo de pacientes conformados por aquellos con implante de aloinjerto se encontraron diferencias significativas de 3,91%, 5,34% y 6,31% en sus diámetros superior, medio e inferior respectivamente. A los tres meses d iniciado el tratamiento, las diferencias no significativas fueron 1,57% y 2,57% en sus diámetros superior y medio, mientras que en el diámetro inferior, se encontró una diferencia significativa de 2,99% con respecto al miembro no operado (Tabla N<sup>o</sup> 8).

Al realizar la cirugía reconstructiva del ligamento cruzado anterior, el cuádriceps puede perder hasta el 30% de fuerza muscular en la primera semana<sup>11</sup>. Olivera Cárdenas <sup>13</sup>publica en su estudio que el cuádriceps pierde 41,3% de fuerza muscular después de la cirugía. Al iniciar el tratamiento fisioterapéutico, los pacientes post operados del ligamento cruzado anterior con implante de autoinjerto presentan un déficit del cuádriceps del 42,2%, mientras que los que tienen aloinjerto, presentan una diferencia de la fuerza de dicho músculo en 44, 2% con respecto al miembro no operado (Tabla N<sup>o</sup> 12). A tres meses del inicio de la fisioterapia, la evaluación de la fuerza muscular del



cuádriceps de los pacientes con autoinjerto y aloinjerto presenta diferencias de 15,07% y 17,8% respectivamente, con respecto al miembro no operado (Tabla N°13). El tratamiento fisioterapéutico tras la cirugía de ligamento cruzado anterior es efectivo <sup>10</sup> y este estudio puede corroborarlo ya que al inicio de la fisioterapia, los pacientes presentaban en el miembro operado una resistencia máxima promedio de 0,376 1RM/kg y después de tres meses, la resistencia máxima es de 0,603 1RM/kg, dando una diferencia de 37, 5% entre ambas medidas.

Los pacientes post operados con implante quirúrgico de autoinjerto presentaron una fuerza muscular máxima con un índice promedio de 0.37; lo que coincide con lo hallado en el estudio de Olivera Cárdenas<sup>13</sup>. Al categorizar los resultados de la fuerza muscular según la escala de aptitud muscular en relación a la masa corporal, 12 de los pacientes post operados con implante quirúrgico de autoinjerto presentaron una categoría mala y 3 presentaron una categoría regular. Luego de tres meses de seguimiento el índice promedio de la fuerza muscular máxima en este grupo de pacientes es de 0.61 . Al categorizar los resultados, 14 presentaron una categoría buena y 1 obtuvo una categoría regular (Tabla N° 17)

Los pacientes post operados con implante quirúrgico de aloinjerto presentaron una fuerza muscular máxima con un índice promedio de 0.38. Al categorizar los resultados de la fuerza muscular se encontró que 4 de los pacientes se ubican en una categoría mala y solo 1 de ellos se le ubicó en categoría regular. Al hacer una nueva medida de la fuerza muscular, después de tres meses, el índice promedio de la fuerza es de 0.61; y al categorizar los resultados los 5 pacientes que conforman el grupo estudiado se encuentran en la categoría de bueno.

Continuando con el análisis comparativo entre el miembro operado y no operado, al iniciar el programa de rehabilitación física el 80% de los pacientes presentó en el miembro operado una fuerza muscular mala y el 20% una fuerza muscular regular; en comparación con el miembro no operado, donde el 95% de los pacientes presenta una fuerza muscular buena y el 5% una fuerza muscular regular. A tres meses de continuar el tratamiento fisioterapéutico, el 95% de los pacientes presentaron en el miembro operado una fuerza muscular buena y el 5% una fuerza muscular regular, mientras que en el miembro no operado el 100% de los pacientes presentó una fuerza muscular categorizada como buena.

En la medición inicial al grupo estudiado, la fuerza muscular dinámica máxima en el miembro operado arroja un valor promedio de 0,376 1RM/kg ; después de tres meses de haber continuado con en tratamiento fisioterapéutico, el nuevo valor de la fuerza es de 0,603 1RM/kg, habiendo una diferencia del 37,5%, entre la primera y segunda medida, lo que demuestra que existe una recuperación de la fuerza muscular en este periodo

## CONCLUSIONES

1. Los pacientes post operados de ligamento cruzado anterior muestran un 37,5% de incremento en la fuerza muscular del cuádriceps después de tres meses de haber iniciado el programa de rehabilitación física. Al iniciar el tratamiento fisioterapéutico el 80% los pacientes presentan una fuerza muscular que los ubica dentro de una categoría mala; tres meses después, el 95% de los pacientes se ubican dentro de la categoría buena. Con lo anteriormente expuesto, se determina que si existe recuperación de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior, en un plazo de tres meses.
- 2.- Los pacientes post operados de ligamento cruzado anterior con implante quirúrgico de autoinjerto muestran un 37,6% de incremento de fuerza muscular del cuádriceps después de tres meses de haber iniciado el tratamiento fisioterapéutico. Al comenzar la rehabilitación física, el 80% de los pacientes presentaron una fuerza muscular categorizada como mala, luego de tres meses, el 93% de los pacientes se encuentra en una buena aptitud muscular. Con todo ello, se determina que si existe incremento de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior con implante quirúrgico de autoinjerto en un plazo de tres meses
- 3.- Los pacientes post operados de ligamento cruzado anterior con implante quirúrgico de aloinjerto presentan un incremento de la fuerza del cuádriceps de 37,2% a tres meses de haber iniciado el tratamiento fisioterapéutico. Al inicio del programa de terapia física, el 80% de los pacientes con este tipo de injerto, presentó una fuerza muscular categorizada como mala; tres meses después de iniciado el programa de rehabilitación física, el 100% de los pacientes con este tipo de injerto presentó una buena aptitud muscular. De lo anteriormente expuesto, se determina que si existe incremento de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior con implante quirúrgico de aloinjerto , en una plazo de tres meses

4.- Los pacientes post operados de ligamento cruzado anterior evidencian un incremento del trofismo muscular, después de tres meses de iniciado el tratamiento fisioterapéutico ya que al inicio de este, la diferencia entre los miembros operado y no operado los pacientes con autoinjerto fue de 2,98%, 3,80%, 4,48% en sus diámetros superior, medio e inferior respectivamente; mientras que los pacientes con implante quirúrgico de aloinjerto, presentaron una diferencia significativa entre el miembro operado y el no operado de 3,91%, 5,34% y 6,31% en los diámetros superior, medio e inferior. Al realizar la medida, tres meses después de iniciado el tratamiento fisioterapéutico, se encontró que la nueva diferencia de los diámetros superior, medio e inferior es de 1,08% , 1,81% y 2,92% en pacientes con implante quirúrgico de autoinjerto; mientras que en los pacientes con implante quirúrgico de aloinjerto, se encontró que la diferencia es de 1,57% , 2,57% y 2,99% . Con los resultados obtenidos se demuestra que si existe incremento del trofismo muscular en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior en un plazo de tres meses

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda que el test aplicado sea utilizado en otros nosocomios, para que de esta manera, se dé un enfoque más objetivo a la evaluación fisioterapéutica, haciendo posible un mejor seguimiento del estado del paciente a través de datos cuantitativos.
2. Se recomienda que la línea de la investigación iniciada en este estudio, continúe, de manera que se pueda propagar el uso de este test de fuerza muscular no sólo en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior, sino que también en aquellos pacientes que hayan presentado alguna cirugía de la rodilla.
3. Se recomienda a los futuros investigadores que a partir de el presente trabajo tomen mayor interés e iniciativa en realizar más investigaciones en la que ellos propongan nuevos protocolos de tratamiento fisioterapéutico y nuevas propuestas de fortalecimiento muscular para los pacientes post operados de ligamento cruzado anterior.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. AndresEsper ; Vicente Paus. El entrenamiento de la fuerza en la Rehabilitación del ligamento cruzado anterior. Argentina. Revista digital de Educación física y deportes. Año 4 N 14 , Junio 1999.
2. Bejarano Gerardo, Bitschin Leonardo José. La fuerza explosiva y la rehabilitación Kinésica del ligamento cruzado anterior. Buenos Aires: Universidad Abierta Interamericana. 2004
3. Felipe Farias, Sebastián; Marina del Río, Javier. Comparación funcional entre injertos Hueso-Tendón Patelar- Hueso y Tendón Semitendinoso-Gracilis en la reconstrucción del Ligamento Cruzado Anterior de Rodilla. Santiago de Chile. Universidad de Chile. 2005
4. Andrés Esper. Variaciones de los valores de fuerza muscular en pacientes operados del ligamento cruzado anterior con el transcurso del tiempo. Buenos Aires. Revista digital de Educación física y deportes. Año 8 N 49, Junio 2002.
5. González N,Letelier D. Retardo electromiográfico en musculatura flexora de rodilla en pacientes post-operados de ligamento cruzado anterior”. Santiago de Chile. Universidad de Chile. 2005.
6. Ramos Álvarez. Rehabilitación del paciente con lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y elDeporte. Vol8 , N 29. 2008.
7. Sánchez A. Fernández C. Rehabilitación tras reconstrucción del LCA con plastia H-T-H. Volumen XXVI, N°133. 2009.
8. Figueroa D. Melean D. Evaluación isocinética postreconstrucción de ligamento cruzado anterior. Acta ortopédica Mexicana.23(5): 266-271. 2009.

9. Rivera García Alba. Tratamiento fisioterapéutico tras reconstrucción del ligamento cruzado anterior: Seguimiento de dos casos clínicos. Madrid. Universidad de Alcalá. 2010.
10. Aguado LLorente, Mariola .Revisión sistemática sobre la efectividad del tratamiento de fisioterapia tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior. Universidad de Valladolid. Valladolid, España. 2013.
11. Arribas, Vanessa. Variación del tratamiento fisioterapéutico previo a la reconstrucción del ligamento cruzado anterior de la rodilla. Universidad de Valladolid. Valladolid, España. 2013.
12. Salazar Portugal, Katherine. Retorno a la actividad militar luego de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior en personal militar del Ejército de Perú; Hospital Militar Central Crl. Luis Arias Schreiber. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 2013.
13. Olivera Cárdenas, Pedro. Estudio de la Fuerza Muscular del Cuádriceps en Pacientes post operados de Ligamento Cruzado Anterior. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 2014.
14. Testud, L; Latarjet, A. Compendio de anatomía descriptiva. Barcelona. Editorial Masson 2004.
15. Kapandji Adalbert. Biomecánica de los ligamentos cruzados. Fisiología articular- volumen 2. 6ta Edición. Paris. Editorial Panamericana. 2010.
16. Odensten M, Gillquist J. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. 1985.
17. Christel P, Sahasrabudhe A, Basdekis G. Anatomic double- bundle anterior cruciate ligament reconstruction with anatomic aimers. 2008.

18. Harner CD, Livesay GA, Kashiwaguchi S, Fujie H, Choi NY, Woo SLY. Comparative study of the size and shape of human anterior and posterior cruciate ligaments. 1995.
19. Latarjet Michel; Ruiz Liard Alfredo. Anatomía Humana. 4ta edición. Madrid. Editorial Panamericana. 2004
20. Zimny ML, Schutte M, Dabiez E. Mechanoreceptors in the human anterior cruciate ligament. 1986.
21. Forriol F; Maestro, A; Vaquero Martín J. El ligamento cruzado anterior: Morfología y función. Trauma Fund MAPFRE. 2008. 19 Supl 1:7-18
22. Amis AA, Dawkins PC. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament: fibre bundle actions related to ligament replacements and injuries. 1991
23. R. Vidalot, O. Cobi. Ortesis y prótesis del aparato locomotor. Extremidad inferior. Volumen 2. Editorial Masson. 2005.
24. Smidt GL. Biomechanical analysis of flexion and extension. 1973.
25. McGinty, John; Burkhart, Stephen. Artroscopia quirúrgica. Tercera edición. Editorial Marbán. 2005.
26. Harris, N. Reconstrucción del ligamento cruzado anterior mediante aloinjerto. Vicente Sanchis, Alfonso. Cirugía de la Rodilla. Editorial Panamericana. 1995.
27. Apaza Concha, Carlos. Reconstrucción del Ligamento cruzado anterior vía artroscópica. Hnerm- Essalud. Lima- Perú. 2002
28. Vival Salgado, Rafael; Yamure Decarett, Orlando. Reconstrucción del ligamento cruzado anterior con autoinjerto semitendinoso- recto interno fijado con tornillos bioabsorbibles: evaluación clínica y funcional. Revista colombiana de Ortopedia y Traumatología. Volumen 25 N°4. 2011.



29. Cugat R, Samitier G, Álvarez P, Steinbacher G. Fracaso de la cirugía del LCA. Trauma Fund MAPFRE 2008; 19 Supl 1: 55-75.
30. Vaquero, Martin; Calvo, Haro. Reconstrucción del ligamento cruzado anterior. Trauma. Fund MAPFRE 2008. Vol 19 sulp 1:22-38
31. Leopold Busquet. Las cadenas musculares. Tomo IV. Miembros inferiores. 4ta Edición. Editorial Paidotribo. 2001.
32. Florence Kendall. Músculos: Pruebas funcionales , postura y dolor. 5ta Edición. Editorial Marban. 2007.
33. Vergara Amador, Enrique; Roman Chalarca Mauricio. Descripción anatómica del músculo vasto medial. Salud Un norte; Vol 27 N<sup>0</sup>1. Colombia. 2011.
34. Leon Chaitow. Aplicación clínica de las técnicas neuromusculares. Extremidad inferior. Tomo II. Editorial Paidotribo. 2007.
35. Lara Sánchez, Jesús. Biomecánica de la Arquitectura muscular y potencia mecánica de salto en jóvenes. Universidad de Catilla-La Mancha. Toledo - España. 2007.
36. Kapandji Adalbert. Fisiología del recto anterior. Fisiología articular. Volumen 2. 6ta edición. París. Editorial Panamericana. 2010.
37. Barbany, J. Fisiología del ejercicio físico y del entrenamiento. 2da edición. Editorial Paidotribo. 2005.
38. Morán Bermejo M. Tipos de fibras musculares. En: López Chicharro José, Fernández Vaquero Almudena. Fisiología del ejercicio. 3era edición. Madrid. Editorial Panamericana; 2006. p 93-97

39. Muñiz Murguía, Jesús. Estructura y función del músculo esquelético: Propiedades mecánicas pasivas y contractilidad. Universidad de Colima. México. 2000
40. Veronique Billat. Fisiología y metodología del entrenamiento. Primera edición. Francia. Editorial Paidotribo. 2002.
41. Gonzales Badillo J, Izquierdo Redín Mikel. Fuerza muscular: propiedades biomecánicas del músculo. En: Izquierdo Redín Mikel. Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte. Madrid. Editorial Médica Panamericana; 2008 p 553-584.
42. HAUPTMANN M. HARRE D. El entrenamiento de la fuerza máxima. Revista de Entrenamiento Deportivo 1987; 2 (1): 11-18.
43. Einsingbach Thomas. Consideraciones teóricas acerca de la fuerza. La recuperación muscular en la fisioterapia y en la rehabilitación. Madrid: Editorial Paidotribo. 1998 p. 25-45
44. Gonzales Badillo Juan José. Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. España. INDE Publicaciones. Tercera Edición. 2001
45. Rodríguez García. Fuerza, su clasificación y pruebas de valoración. Revista de la Facultad de Educación , Universidad de Murcia. 2007; 2-10
46. Ricardo Mirella. Las nuevas metodologías del entrenamiento de la fuerza, la resistencia, la velocidad y la flexibilidad. Italia. Editorial Paidotribo. 2002 .
47. Einsingbach Thomas. Fuerza muscular y la estabilidad de las articulaciones. Gimnasia correctiva postural. 3era edición. Madrid. Editorial paidotribo.2002.
48. González Badillo J.J., Izquierdo Redín M. Valoración de la fuerza. En: López Chicharro José, Fernández Vaquero Almudena. Fisiología del ejercicio. 3era Edición. Madrid. Editorial Médica Panamericana; 2006.p. 132- 142.

49. Amarante do Nascimento Matheus; Serpeloni Cyrino Edilson; Yuzo Nakamura Fabio; Romanizi Marcelo; Cardoso Pianca Humberto José; Queiróga Marcos Roberto. Validação da equação de Brzycki para estimativa de 1 RM no exercício supino em banco horizontal. Revista Brasileira de Medicina y deporte. 2007; 13: 47-50.
50. Fithian D.C; Daniel D.M.; Faustgen J.P. ; Stone M. L . Rehabilitación despues de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior. Vicente Sanchis. Cirugía de rodilla, conceptos actuales y controversias. Madrid. Editorial Panamericana. 1995 p 55 -70

## ANEXO N°1

### VALORACIÓN DE LA FUERZA MUSCULAR DEL CUADRICEPS

#### I. DATOS PERSONALES.

Nombres y apellidos: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

Peso: \_\_\_\_\_ Material Quirúrgico: \_\_\_\_\_

Fecha de lesión: \_\_\_\_\_ Fecha de Cirugía: \_\_\_\_\_

Fecha de Evaluación: \_\_\_\_\_

Antecedentes

Lesión ligamentosa		Lesión Muscular	
Lesión tendinosa		Fractura	
Lesión Meniscal		Otros	

Especificar:

\_\_\_\_\_

#### II EVALUACIÓN MUSCULAR

##### A. Trofismo

Miembro inferior Derecho		Miembro inferior Izquierdo	
Descripción diametral	Medida (cm)	Descripción diametral	Medida (cm)
Diámetro Superior		Diámetro superior	
Diámetro medio		Diámetro medio	
Diámetro inferior		Diámetro Inferior	

## B. Longitud

Miembro Inferior Derecho		Miembro Inferior Izquierdo	
Músculo	Medida (cm)	Músculo	Medida (cm)
Recto Anterior		Recto anterior	

## C. Fuerza muscular

Test de 1 RM

a. Etapa de calentamiento

	Peso (kg)	Intensidad	Series	Repeticiones	Pausa
Ejecución muscular					

b. Etapa de prueba

MI derecho	Extensión de rodilla "Leg Extensión"			
Ejercicio	Peso(Kg)	Repeticiones	Duración	1RM[ $\text{kg}/(1.0278 - 0.0278 \cdot \text{Rep.})$ ]
Intento 1				
Intento 2				
Intento 3				
Intento 4				
Intento 5				
Intento 6				
Intento 7				
Intento 8				
Intento 9				
Intento 10				

<b>MI Izquierdo</b>	Extensión de rodilla "Leg Extensión"			
Ejercicio	Peso(Kg)	Repeticiones	Duración	1RM[kg/(1.0278 - 0.0278*Rep.)]
Intento 1				
Intento 2				
Intento 3				
Intento 4				
Intento 5				
Intento 6				
Intento 7				
Intento 8				
Intento 9				
Intento 10				

## **ANEXO N°2**

### **“RECUPERACIÓN DE LA FUERZA MUSCULAR DEL CUADRICEPS EN PACIENTES POST OPERADOS DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR , EN UN PLAZO DE TRES MESES”**

Investigador: Elena del Pilar Huamaní Carrasco

#### **Propósito**

El investigador, estudiante de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, realiza un estudio de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior en el Centro Médico Naval Cirujano Mayor Santiago Távara.

La reconstrucción quirúrgica de este ligamento es una de las cirugías más usadas en el campo traumatológico. El estadio post quirúrgico trae consigo una serie de complicaciones entre las que se destaca la debilidad del grupo extensor de rodilla. Es por ello que nuestra investigación busca establecer el incremento de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior, después que han seguido el programa de fortalecimiento muscular, propuesto por el Servicio de medicina Física y Rehabilitación del Centro Médico Naval "Cirujano Mayor Santiago Távara".

#### **Participación**

Este estudio pretende establecer el incremento de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior después que haber seguido el programa de fortalecimiento muscular establecido por el Centro Médico Naval Cirujano Mayor Santiago Távara. Si usted acepta participar en el estudio, deberá asistir al gimnasio del Servicio de Medicina Física y Rehabilitación, utilizando ropa ligera (polo, short, zapatillas, etc.). Posterior a ello, se realizará una fase de activación muscular por parte del investigador. Consecuentemente, iniciará la fase de evaluación muscular con una etapa de calentamiento, donde realizará dos series de diez (10) repeticiones de extensión de rodilla desde la posición de sedestación. Una vez finalizada esta etapa, iniciará el test de fuerza máxima, donde sentado en el banco de cuádriceps, realizará la acción de extender la rodilla post operada, en series de diez (10) repeticiones, con descanso de tres (3) minutos entre cada intento, aumentando la carga en progresión de

1 kg por serie. La duración de la prueba, estará en relación al número de intentos que usted pueda realizar, sin compensaciones o signos de fatiga. No obstante, el promedio de duración, oscila entre 15 a 20 minutos.

### **Riesgos**

Este estudio no representa ningún riesgo para usted. Para su participación solo es necesaria su autorización y que cumpla las indicaciones de la prueba de valoración.

### **Beneficios**

Es importante señalar que con su participación contribuye a mejorar los protocolos del manejo kinesioterapéutico del paciente en el campo de la salud, y en particular, en la terapia física y rehabilitación.

### **Costos**

La participación en el estudio no tiene ningún costo para usted. La valoración se realizará previo permiso del Centro Médico Naval “Cirujano Mayor Santiago Távara”, antes del inicio del tratamiento de medicina física y rehabilitación.

### **Confidencialidad**

Toda información obtenida en el estudio es completamente confidencial, solamente los miembros del equipo de trabajo conocerán los resultados y la información.

Si fuera necesario se asignará un número a cada uno de los participantes, y éste se usará para el análisis, presentación de resultados, publicaciones, etc. de manera que su nombre permanecerá en total confidencialidad. Con esto ninguna persona ajena a la investigación podrá conocer los nombres de los participantes.

### **Requisitos de participación**

Los posibles candidatos deberán ser pacientes post operados de ligamento cruzado anterior, entre 20 a 50 años.

Al aceptar la participación deberá firmar este documento llamado consentimiento informado, con lo cual autoriza y acepta la participación en el estudio libre y voluntariamente. Sin embargo, si usted no desea participar el estudio por cualquier



razón, puede retirarse con toda libertad sin que esto represente algún gasto, pago o consecuencia negativa por hacerlo.

### **Donde conseguir información**

Para cualquier consulta, queja o comentario favor comunicarse con Elena del Pilar Huamaní Carrasco, al teléfono 989085435; donde con mucho gusto será atendido.

### **Declaración voluntaria**

Yo he sido informado(a) del objetivo del estudio, he conocido los riesgos, beneficios y la confidencialidad de la información obtenida. Entiendo que la participación en el estudio es gratuita. He sido informado(a) de la forma de cómo se realizará el estudio y de cómo se realizará la valoración. Estoy enterado(a) también que puedo dejar de participar o no continuar en el estudio en el momento en que lo considere necesario, o por alguna razón específica, sin que esto represente que tenga que pagar, o recibir alguna represalia de parte del equipo o de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Por lo anterior acepto voluntariamente participar en la investigación

### **RECUPERACIÓN DE LA FUERZA MUSCULAR DEL CUADRICEPS EN PACIENTES POST OPERADOS DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR , EN UN PLAZO DE TRES MESES**

Nombre del paciente: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_ DNI: \_\_\_\_\_